

UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE  
FES



Année 2013

Thèse N° 122/13

# PLACE ACTUELLE DES LENTILLES DE CONTACT DANS LE TRAITEMENT DU KÉRATOCÔNE (A propos de 307 cas)

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28/06/2013

PAR

Mlle. SLASSI NADIA

Née le 30 Novembre 1983 à Taza

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Kératocône - lentille de contact - Adaptation - Chirurgie réfractive

JURY

Mme. BENCHRIFA FATIHA.....	PRESIDENT
Professeur d'Ophtalmologie	
Mme. CHAOUI ZINEB.....	RAPPORTEUR
Professeur d'Ophtalmologie	
M. EL HASSAN ABDALLAH.....	} JUGES
Professeur d'Ophtalmologie	
M. BENATYA ANDALOUSSI IDRIS.....	
Professeur agrégé d'Ophtalmologie	

# PLAN

Introduction .....	9
Rappels .....	8
I. Rappels embryologique et anatomo-physiologique de la cornée .....	8
1- Embryologie de la cornée.....	8
2- Anatomie de la cornée .....	9
2.1 Macroscopique.....	9
2.2 Microscopique .....	10
2.3 Limbe sclérocornéen .....	12
2.4 Innervation de la cornée .....	12
3- Physiologie de la cornée .....	13
3.1 Propriétés physiques .....	13
3.2 Composition biochimique .....	15
3.3 Métabolisme cornéen .....	15
3.4 Nutrition de la cornée .....	15
II. Rappel sur la géométrie de la cornée.....	16
1- Quelques définitions.....	16
2- Propriétés géométriques de la cornée antérieure .....	18
III. Généralités sur les lentilles de contact.....	20
1- Propriétés des lentilles rigides perméables au gaz (LRPG) .....	20
a- Propriétés physiques .....	20
b-Propriétés optiques .....	23
2- Chimie des matériaux des LRPG.....	23
3- Géométrie et paramètres des LRPG .....	26
3.1Diamètre total.....	26
3.2 Face postérieure .....	26
3.3 Face antérieure .....	28
3.4 Géométries des LRPG utilisées dans le traitement du kératocône ....	29
Le kératocône .....	30
I. Historique.....	30
II. Epidémiologie .....	31
III. Etiopathogénie et formes associées .....	31
1 -Rôle de l'hérédité .....	32
2- Rôle de l'atopie .....	32

3-La trisomie 21 .....	33
4- Rôle de l'altération du tissu conjonctif .....	33
5- Rôle des facteurs mécaniques .....	34
IV. Actualités physiopathologiques .....	35
V. Etude clinique du kératocône .....	35
1- Inspection .....	35
2- L'astigmatisme myopique irrégulier .....	36
3 – Examen biomicroscopique .....	37
VI. Les explorations paracliniques .....	40
1- Pachymétrie .....	40
2 -Topographie cornéenne .....	40
3- Microscopie spéculaire.....	42
4- Microscopie confocale .....	42
5- Aberrométrie.....	42
6 - Analyseur de la viscoélasticité cornéenne (ORA) .....	43
VII Diagnostic différentiel.....	43
1 –Kératoglobe.....	43
2- Dégénérescence pellucide marginale.....	43
3 -Kératocône postérieur .....	44
4- Corneal warpage .....	44
VIII. Classifications du kératocône .....	44
1- Classification d'Amsler .....	44
2- Classification fondée sur la kératométrie.....	45
3- Classification de Krumeich.....	45
Lentilles de contact et traitement du kératocône .....	47
I. Lentilles de contact utilisées dans le kératocône .....	47
1- Lentilles rigides perméables au gaz (LRPG).....	47
1.1 Objectifs de l'adaptation du kératocône en LRPG .....	48
1.2 Principes d'adaptation des LRPG dans le kératocône .....	48
1.2.1 Bilan de préadaptation .....	48
1.2.2 Techniques d'adaptation:.....	51
1.2.3 Indications de l'adaptation des LRPG dans le kératocône .....	54
1.3 Choix de la lentille à prescrire .....	56
1.3.1 Choix de la LRPG d'essai .....	66
a/ Adaptation des Kératocônes débutants: stade1 .....	56

b/ Adaptation des formes modérées: stade2: .....	57
c/ Adaptation des formes évolués: stade3: .....	59
d/ Adaptation des formes sévères : stade 4 .....	59
1.3.2 Ajustement de l'adaptation .....	60
1.3.3 Réfraction additionnelle .....	60
2- Les autres types de lentilles utilisées dans le kératocône .....	61
2.1 Lentilles PIGGY-BACK .....	61
2.2 Lentilles souples: .....	62
2.3 Lentilles jumelées ou hybrides:.....	62
3- Contrôle de l'adaptation .....	62
3.1 Rythme du suivi .....	62
3.2 Examen clinique lors des contrôles .....	63
4- Complications de l'adaptation .....	64
4.1-Complications liées à l'adaptation du kératocône en lentilles .....	64
4.1.1 Complication mécaniques: .....	64
4.1.2 Complication liées à l'évolution du cône .....	66
4.1.3 Perte de lentilles .....	67
4.1.4 Excès de port des lentilles.....	67
4.1.5 Modification de la topographie cornéenne.....	68
4.2- Complications liées à la pathologie du kératocône .....	68
4.2.1 Diminution de la qualité de la fonction visuelle .....	68
4.2.2 Modification des stries de Vogt .....	68
4.2.3 Kératocône aigué .....	68
4.2.4 Complications allergiques .....	68
4.3 Complications induites par le port de lentilles .....	69
5- Contre indications aux LRPG .....	70
5.1 Contre indications absolues : .....	70
5.2 Contre indications relatives .....	70
II. Entretien des lentilles de contact .....	71
1- Etapes de l'entretien d'une solution .....	71
1.1 Nettoyage quotidien.....	71
1.2 Décontamination :.....	71
1.3 Déprotéinisation .....	72
1.4 Conservation .....	72
1.5 Lubrification : .....	72

2- Conseils pratiques aux porteurs.....	72
2.1 Lavage des mains.....	73
2.2 Nettoyage des lentilles.....	73
Autres alternatives thérapeutiques du kératocône .....	74
I. Lunettes .....	74
II. Traitement chirurgical.....	74
1- kératoplastie transfixiante .....	74
2- kératoplastie lamellaire.....	75
3- Autres options chirurgicales .....	75
III. Cross- Linking du collagène cornéen (CXL) .....	77
Prise en charge actuelle du kératocône .....	78
1 Cornée transparente.....	78
2 Cornée non transparente.....	78
Retentissement de la maladie.....	80
Notre étude .....	81
Matériel et méthodes .....	82
I. Sélection des patients .....	82
II. Méthodes d'observation .....	83
III. Technique d'adaptation en lentilles .....	83
IV. Méthodes statistiques .....	84
Résultats .....	86
I. Caractéristiques descriptives de l'échantillon .....	86
1- Caractéristiques épidémiologique des patients .....	86
1.1 Age moyen des patients atteints de kératocône.....	86
1.2 Prédominance du kératocône en fonction du sexe .....	87
1.3 Pathologies associées.....	87
1.4 Antécédents familiaux de kératocône.....	88
1.5 Mode de correction au moment de la consultation d'adaptation en lentilles de contact .....	88
2- Caractéristiques cliniques des patients.....	89
3- Kératométrie et pachymétrie.....	92
4- Type des LRPG utilisées .....	92
II. Analyse des résultats visuels et de la tolérance des LRPG.....	93
1- Résultats visuels.....	93
2- Evaluation de la tolérance et du confort de port des lentilles .....	98

3-Complications .....	100
Discussion .....	101
I. Caractéristiques descriptives des patients atteints de kératocône .....	101
1- Age moyen des patients atteints de kératocône.....	101
2- Prédominance du kératocône en fonction du sexe.....	101
3- Pathologies associées .....	102
4- Antécédents familiaux de kératocône.....	102
II. Caractéristiques cliniques des patients atteints de kératocône .....	103
III. Bénéfice visuel après adaptation en LRPG .....	104
IV. Tolérance aux lentilles de contact et confort visuel.....	105
V. Complications .....	106
Conclusion.....	107
Résumé .....	108
Bibliographie.....	111

# INTRODUCTION

Le kératocône est une dystrophie cornéenne non inflammatoire caractérisée par une ectasie et un amincissement progressif de la cornée, entraînant un astigmatisme irrégulier et une baisse d'acuité visuelle d'autant plus handicapante que l'atteinte est volontiers bilatérale (4,5% des patients présentent une atteinte unilatérale) et le malade souvent jeune [1, 2].

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 [1].

L'étiopathogénie précise du kératocône demeure en partie inconnue : Certaines hypothèses sont émises quant aux facteurs de risque de cette maladie et son association à certaines maladies rares ou systémiques [1].

Concernant la prévalence de la maladie, il y a d'importantes discordances dans les estimations du nombre exact des personnes atteintes. De telles variations sont dues aux différents critères diagnostiques et méthodes de détection. En effet certaines formes légères de kératocône peuvent passer inaperçues [1, 3,4].

Le développement de la chirurgie réfractive et l'utilisation systématique de la topographie cornéenne comme technique de dépistage a largement contribué à la découverte de formes mineures ou frustes du kératocône [5].

La lentille de contact est connue depuis fort longtemps dans le traitement médical du kératocône et demeure son traitement optique de choix. Elle est préconisée chez environ 75% des patients avant le stade de chirurgie et permet l'obtention d'excellents résultats visuels. De plus, elle est adaptable à l'évolutivité du kératocône dans le temps [5, 6].

L'adaptation du kératocône en lentilles de contact a de nombreuses spécificités par rapport aux adaptations pour d'autres troubles visuels :

-La cornée à équiper est pathologique : Il faudra être vigilant à ne pas favoriser ou aggraver ses anomalies, en particulier par la survenue d'opacités cornéennes.

-Le métabolisme cornéen est perturbé : Le choix de matériaux très performants et un mode de port journalier sont à privilégier.

-La déformation cornéenne va augmenter dans le temps : Le choix de la lentille la plus adaptée à la forme de la cornée sera à reconsidérer à plusieurs reprises.

-La forme du kératocône est très variable d'un individu à l'autre : Il n'y a pas de lentille type pour kératocône mais une variété de formes de lentilles à adapter sur des cornées toutes très différentes.

Les lentilles rigides en particulier les lentilles rigides perméables au gaz (LRPG) représentent l'indication première dans l'adaptation des kératocônes. Les autres types de lentilles restent une alternative aux premières, en cas d'échec par inconfort de port [5].

Le but de notre étude est d'analyser les résultats visuels et la tolérance après adaptation en LRPG chez 307 patients atteints de kératocône, suivis au centre hospitalier universitaire de Rabat.

# RAPPELS

## I. Rappels embryologique et anatomo-physiologique de la cornée

### 1-Embryologie de la cornée [7]

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 8mm), apparaît la vésicule optique primaire ayant pour origine une évagination du tube neural.

Entre la quatrième et la cinquième semaine (stade 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.

A la cinquième semaine (stade 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 (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 (24mm), l'épithélium va se stratifier et la membrane de Bowman apparaît à la partie antérieure du stroma.

La membrane de Descemet est présente dès la dixième semaine.

## 2- Anatomie de la cornée

### 2.1 Anatomie macroscopique [7, 8]

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.

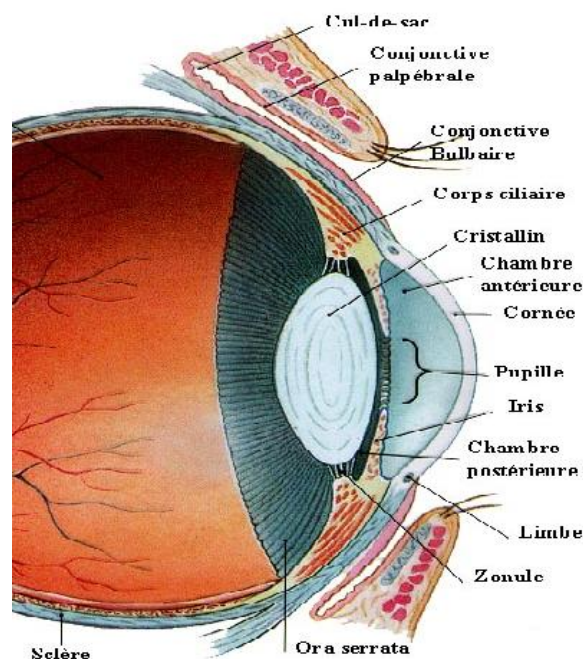
Son diamètre moyen est de 11,5mm, avec un diamètre horizontal de 11,7mm, plus important que le diamètre vertical qui est de 10,6mm.

En revanche, en arrière, elle est à peu près circulaire et son diamètre est de 13mm dans toutes les directions. Ainsi la face postérieure étant plus étendue que l'antérieure, la périphérie est taillée en biseau aux dépens de la face antérieure.

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 (0,52mm en moyenne) vers la périphérie pour atteindre 0,7 mm au limbe.

La cornée répond en avant au film lacrymal et aux paupières, en arrière à la chambre antérieure. En périphérie, elle répond au limbe cornéoscléral (Figure 1).



**Figure 1:** Coupe sagittale schématique de l'œil montrant les différents rapports de la cornée.

## 2.2 Microscopique [8, 9, 10]

La cornée est classiquement décrite en cinq couches, alors que son rôle réfractif impose d'inclure le film lacrymal dans sa structure normale (Figure 2).

### Le film lacrymal pré-cornéen

Il est essentiel à l'épithélium cornéen, avec lequel il partage ses fonctions optiques et métaboliques.

Il s'agit d'un gel comprenant :

- Une phase muqueuse, profonde qui dépend des cellules caliciformes conjonctivales.

- Une phase intermédiaire aqueuse sous la dépendance des glandes lacrymales.

- Une phase superficielle réalisant un film lipidique, qui permet de retarder l'évaporation du film lacrymal, et qui est sécrétée par les glandes débouchant au niveau de la marge palpébrale : glandes de Meibomius.

### L'épithélium cornéen :

C'est un épithélium pavimenteux stratifié, ayant une épaisseur de 50 à 60µm, soit 10% de l'épaisseur cornéenne totale.

Il comprend 7 à 8 assises cellulaires, réparties en 3 couches :

- Une assise superficielle : faite de 2 à 4 couches de cellules qui perdent leur noyau avant de desquamer dans les larmes. Leur membrane cytoplasmique est hérissée de microvillosités, qui permettent d'augmenter la surface d'échange avec le film lacrymal. L'extrémité de ces microvillosités présente une substance : Le glycocalyx qui adhère fortement à la phase muqueuse du film lacrymal.

- Une assise intermédiaire : constituée de 2 ou 3 couches de cellules arrondies. Elles sont réunies entre elles et avec les cellules basales ou superficielles par des desmosomes.

-L'assise basale : est monostratifiée, faite de longues cellules cylindriques disposées sur une fine membrane basale. Les mitoses y sont fréquentes.

La couche de Bowman : C'est une couche acellulaire de 8 à 14  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, située entre la membrane basale de l'épithélium et le stroma. Elle est constituée essentiellement de fibres de collagène ayant un agencement anarchique.

#### Le stroma cornéen

Il constitue environ 90% de l'épaisseur cornéenne et se compose de :

-Fibrilles de collagène : Empilées les unes sur les autres de façon parallèle, avec une distance inter-fibrillaire 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.

-Les kératocytes ou fibroblastes: Cellules étoilées, peu nombreuses, s'étendant parallèlement aux lamelles de collagène et synthétisant les molécules de collagène à un taux très lent.

-Les protéoglycanes : Essentiellement le kératane sulfate. Elles occupent tout l'espace compris entre les fibrilles de collagènes et sont responsables de leur espacement strictement ordonné : Elles ont une nature polyanionique qui attire l'eau et tend à écarter ces fibrilles entre elles.

La membrane de Descemet : C'est une membrane amorphe, élastique et résistante, faite de fibrilles de collagène de petit diamètre réparties au sein d'une matrice glycoprotéique.

#### L'endothélium cornéen :

Il se situe sur la face postérieure de la cornée. Il est constitué d'une monocouche de  $5\mu\text{m}$  d'épaisseur.

Les cellules endothéliales sont hexagonales et reposent sur la membrane de Descemet. Elles sont unies entre elles par des jonctions serrées à la partie apicale de

l'espace intercellulaire et par des jonctions communicantes au niveau des membranes latérales.

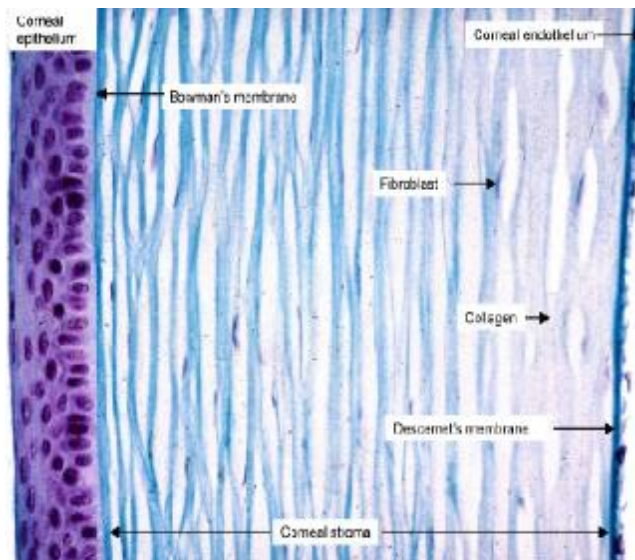


Figure 2 : Anatomie microscopique de la cornée

### 2.3 Limbe sclérocornéen

Le limbe est la zone de transition entre la cornée transparente et la sclère opaque. Il joue un rôle fondamental dans la nutrition et le métabolisme de la cornée périphérique grâce à la richesse de sa vascularisation.

Histologiquement, il se distingue par différents critères :

-L'épithélium s'épaissit au limbe pour atteindre environ 10 couches de cellules.

-Les fibres de collagène du stroma perdent leur régularité.

-Des vaisseaux sanguins apparaissent dans le stroma.

-La couche de Bowman et la membrane de Descemet disparaissent à son niveau.

### 2.4 Innervation de la cornée [11]

-Sensitive : La cornée est le tissu le plus richement innervé. Elle reçoit une innervation sensitive à partir des nerfs ciliaires, branches terminales de la division ophtalmique de la cinquième paire crânienne. Les plexi nerveux sous épithéliaux se

situent sous la membrane de Bowman puis la traversent et perdent leur gaine de Schwann. Leurs terminaisons atteignent toutes les couches de l'épithélium mais aussi le stroma au contact des kératocytes.

-Sympathique et adrénérique : Elle est moins bien connue. Elle se fait à partir du ganglion cervical supérieur homolatéral. Les fibres s'intègrent aux nerfs ciliaires courts et longs.

### 3- Physiologie de la cornée [7, 8,12]

#### 3.1 Propriétés physiques

##### -Rôle mécanique :

La cornée protège l'œil contre les agents extérieurs et intervient dans la résistance à la pression intraoculaire.

##### -Fonction optique :

- Transmission de la lumière : La cornée transmet les radiations de longueur d'onde comprise entre 310nm (ultra violet) et 2500nm (infra rouge). Cette transmission, à travers le stroma est due à l'uniformité du diamètre des fibrilles de collagène et de la distance inter-fibrillaire.

- Réfraction de la lumière : La cornée joue le rôle d'une lentille convergente qui forme l'élément principal du dioptré oculaire, sa puissance est fonction de :

- Ø La valeur des rayons de courbure qui sont en moyenne pour la face antérieure de 7,8mm en horizontal et de 7,7mm en vertical; et pour la face postérieure, de 6,6mm.

- Ø L'indice de réfraction qui est d'environ 1,376

- Ø L'interface antérieure air-cornée avec un pouvoir réfractif de 47D.

- Ø L'interface postérieure avec un pouvoir réfractif de -5D

Le pouvoir réfractif total de la cornée est de 42D en moyenne.

- La réflexion de la lumière : La cornée se comporte comme un miroir convexe. Une source lumineuse placée à 50 cm de la cornée donne une première image réfléchi par la face antérieure de la cornée, située à 6mm en arrière de celle-ci, et une deuxième de plus petite taille, réfléchi par la face postérieure (image de Purkinje).

#### -La transparence cornéenne

Les facteurs de transparence :

#### -Anatomiques :

- La régularité de la disposition des cellules épithéliales.
- La finesse et le parallélisme des fibres de collagène.
- L'absence de vaisseaux sanguins.

#### -Biochimiques :

A l'état normal, la cornée maintien une hydratation constante et lutte contre l'imbibition hydrique. On dit qu'elle est en état de déturgescence :

- L'action de l'épithélium est minime, il réduit l'évaporation et diminue l'absorption des fluides à partir des larmes.
- L'endothélium, par contre, joue un rôle très important. Il fonctionne comme une pompe active grâce à la pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase. Cette dernière expulse le  $\text{Na}^+$  dans l'humeur aqueuse et libère le  $\text{K}^+$  dans la cellule endothéliale, ce qui crée un gradient osmotique assurant la déturgescence du stroma puisque l'eau suit les mouvements du  $\text{Na}^+$ .
- Les mouvements ioniques génèrent aussi une différence de potentiel entre le milieu intra et extracellulaire endothélial. Ceux de l'ion bicarbonates sont responsables de la polarisation négative de la face postérieure de l'endothélium. Ce qui intervient aussi dans le phénomène de déturgescence.

### 3.2 Composition biochimique de la cornée [13]

La cornée est caractérisée par sa forte hydrophilie. Elle est composée de :

- Eau : 75 à 80% du poids total du stroma
- Protéines : 20% du poids du stroma. Essentiellement du collagène.
- Enzymes : Acétylcholine qui intervient dans la sensibilité cornéenne comme médiateur au niveau de l'innervation cornéenne.
- Ions : Le stroma est surtout riche en Na<sup>+</sup> alors que l'épithélium est riche en K<sup>+</sup>.
- Glucose : L'épithélium est riche en glucose et en glycogène (4%)
- Les lipides : Présents surtout dans l'épithélium (1%).

### 3.3 Métabolisme cornéen

#### - Métabolisme glucidique :

La cornée puise l'énergie indispensable à son activité métabolique dans le catabolisme du glucose et du glycogène par les voies aérobie et anaérobie à partir de l'oxygène atmosphérique. Seulement 5 à 10% du glucose nécessaire provient des larmes ou de la vascularisation limbique, l'humeur aqueuse apportant la majorité du glucose [14,15].

#### - Cornée et oxygène :

La cornée puise ses besoins en oxygène essentiellement à partir de l'air atmosphérique, par diffusion à travers le film lacrymal, lorsque l'œil est ouvert. Lors de la fermeture palpébrale, la vascularisation limbique et la conjonctive palpébrale ainsi que l'humeur aqueuse participent à l'apport de l'oxygène [16].

Pour les couches cornéennes profondes, l'oxygène est apporté par l'humeur aqueuse.

### 3.4 Nutrition de la cornée [17]

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

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

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

La voie trans-endothéliale assure le passage des éléments à partir de l'humeur aqueuse selon un mode passif ou actif.

## II. Rappel sur la géométrie de la cornée [18,19]

La cornée est un puissant dioptré de l'œil car elle détient les 2/3 de son pouvoir réfractif. Elle doit cette propriété à l'importance des différences d'indice de réfraction entre l'air ( $n=1$ ) et le film lacrymal ( $n=1,336$ ) au niveau de sa face antérieure. Ses propriétés topographiques et optiques sont intimement liées.

La cornée constitue le support anatomique de la lentille de contact. Sa géométrie influence une grande partie des règles de l'adaptation.

### 1-Quelques définitions

-Le méridien cornéen est une ligne courbe formée à l'intersection de la surface de la cornée par un plan antéro-postérieur passant par son apex et perpendiculaire à son équateur (Figure 3).

-La courbure d'un méridien cornéen en un point, est inversement proportionnelle au rayon du cercle « tangent » à ce méridien au point considéré (Figure 4).

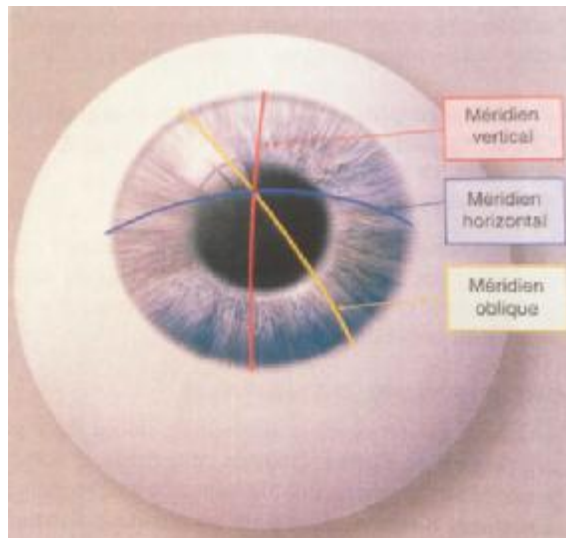


Figure 3: Représentation schématique des méridiens cornéens

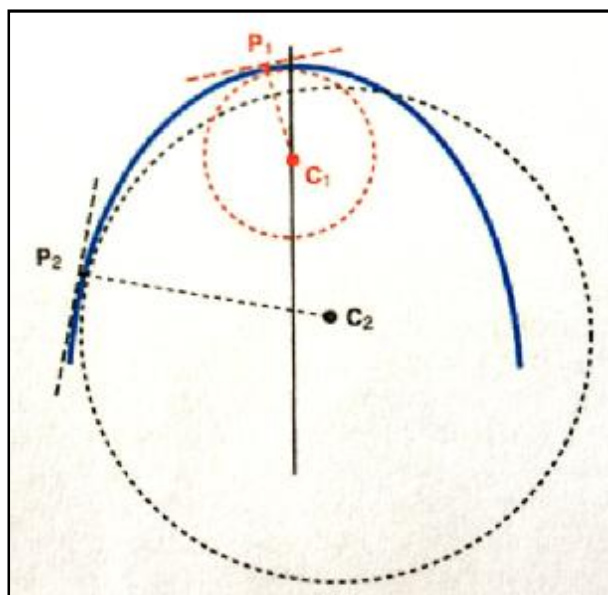


Figure 4 : Courbure. La courbure en P1 et en P2 est égale à l'inverse du rayon des cercles tangents à ces deux points (respectivement centrés en C1 et en C2).

## 2- Propriétés géométriques de la cornée antérieure

Globalement, trois éléments définissent la surface cornéenne :

### -L'asphéricité

La cornée est une surface asphérique: sa courbure varie en chaque point d'un méridien considéré (du sommet vers la périphérie).

De ce concept, on a assimilé la surface cornéenne à celle d'un ellipsoïde.

Il existe 2 types de cornée :

- Une cornée prolate: où la courbure est plus plate en périphérie (R) qu'au centre (r) ( $R > r$ ). C'est le cas des cornées régulières non opérées ainsi que celui des cornées hyperprolates (exemple du kératocône) (Figure 5).
- Une cornée oblate: où la courbure est plus plate au centre (R) qu'en périphérie (r). C'est le cas des cornées ayant subi des chirurgies ablatives (Figure 6).

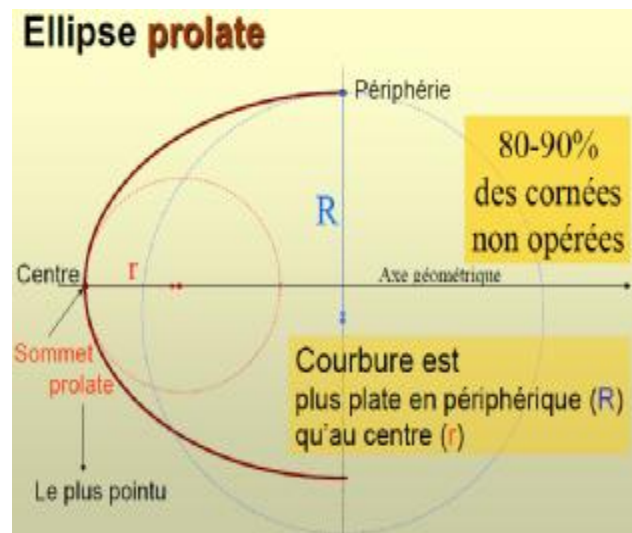


Figure 5 : Ellipse prolata

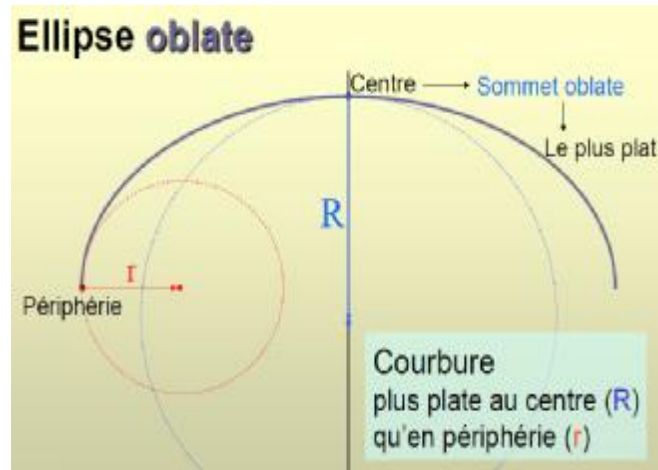


Figure 6 : Ellipse oblate

-La toricité apicale

La surface cornéenne est plus au moins torique.

La toricité du sommet cornéen traduit la variation de la courbure apicale de chacun des méridiens cornéens. Il existe une toricité régulière cornéenne physiologique : Le plus souvent le rayon de courbure vertical est légèrement inférieur au rayon de courbure horizontal.

-L'asymétrie

En plus d'être plus ou moins torique et asphérique, la cornée est légèrement asymétrique.

Cette asymétrie est caractérisée par un axe particulier qui délimite les hémiméridiens opposés dont la différence de courbure est la plus importante.

La présence d'une asymétrie marquée doit faire suspecter une pathologie dégénérative de type kératocône ou dégénérescence marginale pellucide (Figure 7).

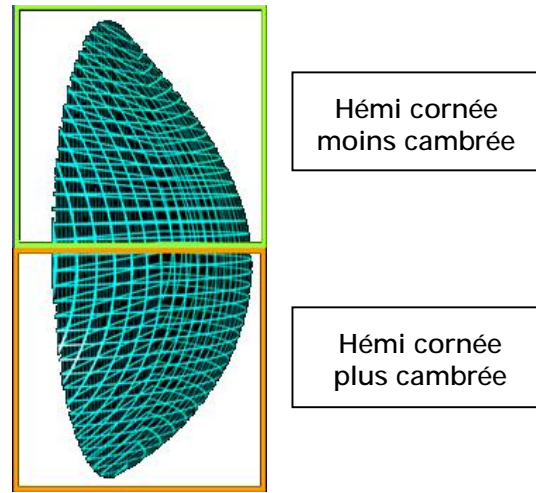


Figure7 : Asymétrie cornéenne

### III. Généralités sur les lentilles de contact

Les Lentilles rigides perméables au gaz (LRPG) sont actuellement les lentilles de choix en matière de kératocône.

Dans ce chapitre, nous allons rappeler les propriétés de ce type de lentilles, ainsi que leur géométrie.

#### 1- Propriétés des LRPG

##### a- Propriétés physiques

##### Ø Perméabilité et transmissibilité à l'oxygène [20, 21]

-La perméabilité à l'oxygène (P) est la capacité du matériau à laisser passer les molécules d'oxygène.

$$P = Dk \quad (x 10^{-11})$$

D: coefficient de diffusion ; k: coefficient de solubilité de l'O<sub>2</sub> dans un matériau donné.

Elle varie de 0 à 300 (x 10<sup>-11</sup>) et se mesure en « unité barrer » ou « unité Fatt ».

-La transmissibilité à l'oxygène(O<sub>2</sub>) ou Dk/e est la quantité d'O<sub>2</sub> parvenant à la cornée à travers la lentille. Elle est fonction de sa perméabilité (Dk) et de son épaisseur au centre (e), elle-même dépendante de sa puissance et de sa géométrie.

Elle varie de 0 à 200 (x 10<sup>-9</sup>). Elle est exprimée en unités. Sa valeur minimale est de 125 unités afin d'assurer à la cornée ses besoins en oxygène. Plus l'épaisseur est importante, plus la transmissibilité diminue.

- La haute transmissibilité à l'oxygène d'un matériau implique :

- L'absence ou la disparition de la néovascularisation cornéenne.
- La diminution majeure du risque de complications infectieuses.
- La possibilité d'un port continu sans risque.

Le tableau 1 indique les manifestations cliniques observées en fonction du Dk/e selon les différents auteurs [22-25].

Tableau1 : Les manifestations cliniques en fonction du Dk/e selon les différents auteurs.

Auteurs	Manifestations cliniques	Dk/e
Holden (1984)	Œdème de 4%, œil fermé en port prolongé	87
Harvitt (1999)	Absence d'anoxie épithéliale durant le port prolongé	89
Papas (1998)	Absence d'hyperhémie limbique en port prolongé	125
Giasson (1994)	Absence de modification du pH épithélial	300

#### Ø Mouillabilité de surface [26]

Elle permet de maintenir un film lacrymal stable et épais sur toute la surface de la lentille entre chaque clignement afin d'offrir une meilleure vision, un bon confort et une réponse physiologique satisfaisante.

Cette propriété intervient sur la capacité de la LRPG à fixer les dépôts à sa surface. Plus la mouillabilité de surface est élevée, moins il y aurait de fixation de dépôts et de risque de conjonctivite giganto-papillaire.

La LRPG assure aussi un meilleur renouvellement des larmes sous la lentille permettant l'évacuation des déchets métaboliques.

#### Ø Résistance à la flexion [27]

La résistance à la flexion d'un matériau exprime sa capacité à ne pas se déformer sous l'emprise de forces de traction ou de flexion.

En pratique, cette résistance estime la facilité ou la difficulté de la lentille à se déformer sous l'effet de la tenaille palpébrale.

Plus forte est la résistance à la flexion, plus efficace sera la correction de l'astigmatisme cornéen et meilleure sera la qualité de vision.

#### Ø Densité spécifique [28, 29, 30]

La densité d'un matériau transparent est double :

-La densité pondérale : est définie par le rapport du poids de la LRPG (mesuré à une température fixe) sur le poids de son volume en eau à la même température. Elle peut être faible (1,1 ou moins), moyenne (1,1 à 1,20), ou forte (plus de 1,20).

Plus la densité augmente, plus elle subit la loi de la pesanteur ce qui est source de décentrement inférieur

-La densité optique correspond à l'indice de réfraction du matériau rapporté à celui de l'air qui est de 1. Il est en général compris entre 1,4 et 1,5.

La densité pondérale d'un matériau donné est inversement proportionnelle à sa densité optique.

#### Ø Dureté

C'est un indicateur sur la résistance du matériau aux rayures.

#### Ø Le matériau idéal

Le matériau idéal doit avoir :

- Une forte perméabilité à l'oxygène.
- Une bonne mouillabilité de surface.
- Une bonne flexibilité.

-Une surface dure qui résiste aux cassures.

#### b-Propriétés optiques [31]

Les propriétés optiques des lentilles sont étroitement liées à leur composition chimique et à leur stabilité face aux agressions comme la température ou le pH des larmes.

##### Ø Transmission optique

La transmission spectrale d'une lentille doit être uniforme au sein de la lumière visible afin de ne pas perturber la vision des couleurs.

##### Ø Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une constante propre à chaque matériau. Il a une influence sur l'épaisseur d'une lentille fabriquée pour une puissance donnée.

En effet, l'épaisseur d'une LRPG qui a une puissance donnée est d'autant plus faible que l'indice de réfraction du matériau est important.

##### Ø Filtre UV

Il peut être ajouté au matériau de la lentille, afin d'accroître considérablement sa faculté à bloquer la transmission des radiations ultra-violettes.

## 2-Chimie des matériaux des LRPG [32, 33]

Les différents matériaux disponibles sur le marché sont :

##### Ø Lentilles en silicoacrylate

Résultent d'une combinaison de polyméthylmétacrylate (PMMA) et de silicone.

- L'acrylate (PMMA) est de transparence élevée, léger, d'indice de réfraction important et stable du fait de sa faible hydrophilie. Très résistant et élastique, il se casse difficilement.

- Le silicone est très perméable à l'oxygène. Il est également souple et hydrophobe. C'est un bon conducteur thermique : Il permet la dissipation de

l'énergie thermique locale à distance de l'épithélium, réduisant ainsi les besoins en oxygène.

- L'adjonction de l'acide méthacrylique aux 2 précédents constituants, améliore la mouillabilité de surface de la lentille empêchant ainsi la formation de dépôts.

- Inconvénients de ces lentilles:

- Dk < 60
- Fragilité aux rayures.

Le tableau 2 résume les différents matériaux en silicoacrylates ainsi que leur Dk.

Tableau 2 : Dk des silicoacrylates

Matériau	Dk (à 35°C en unités Fatt)
Polycon II	14,2
ParapermO2	16
Boston IV	20,8
Vistacryl 18	18
Vistacryl	32
Paraperm EW	54

### Ø Lentilles en fluoro-silicoacrylate

Il s'agit de l'incorporation de monomères fluorinés aux silicoacrylates. Cette combinaison a permis d'améliorer la mouillabilité de la lentille et par conséquent de diminuer l'adhérence du mucus et des protéines à sa surface. Sa perméabilité à l'oxygène est excellente.

Par rapport aux lentilles en silicoacrylate, elles sont :

- Fortement perméables à l'oxygène (Tableau 3).
- Moins résistantes avec risque plus élevé de cassures et de rayures.
- Plus flexibles.

Tableau 3 : Dk des fluoro-silicoacrylates

Lentille et matériau	Dk (à 35°C en unités Fatt)
Fluorperm 151	99,3
Boston XO	100
Aquila	143
Optacryl F	160
Quantum	130
Boston XO2	140

Ø Lentilles en silocoxanylstyrène-fluorométhacrylate

Il est composé de siloxanylstyrène, de fluorométhacrylate et de benzotriazol.

Sa surface est modifiée afin d'améliorer la mouillabilité en ajoutant des monomères hydrophiles.

Sa perméabilité à l'oxygène est très élevée (hyper Dk), avec une intégrité structurelle résistante. Son indice réfractif est élevé.

Le tableau 4 résume les propriétés des différents matériaux

Tableau 4 : Propriétés des différents matériaux

Chimie des matériaux	Rigidité, résistance, qualité optique	Perméabilité	Mouillabilité
Fluor	+	+ +	- -
Silicone	- -	+ + +	- - -
Styrène	+ +	+ + +	+

Ø Matériaux rigides hydrophilisés

Certaines LRPG sont modifiées afin d'améliorer le port sans pour autant réduire leurs caractéristiques initiales (longévité, résistance et perméabilité à

l'oxygène) : soit par adjonction d'un traitement de surface, soit par incorporation de monomères hydrophiles au sein même du matériau de la LRPG.

Leurs inconvénients résident dans la possibilité d'instabilité des paramètres de la lentille, le coût élevé et la nécessité d'utiliser des solutions d'entretien spéciales.

### 3- Géométrie et paramètres des LRPG [34, 35]

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

#### 3.1 Diamètre total ( $\emptyset T$ )

Le diamètre total est une caractéristique essentielle pour définir une lentille.

Il varie de 7,80 mm à 12 mm.

#### 3.2 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 (Figures 8 et 9).

##### a- Zone optique centrale postérieure (ZO)

La zone optique centrale peut présenter une géométrie sphérique ou asphérique. Elle est définie par deux paramètres:

##### $\emptyset$ Rayon de courbure ( $R_o$ )

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.

### Ø Diamètre de la zone optique (Øo)

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 ( $R_c$ ) 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.

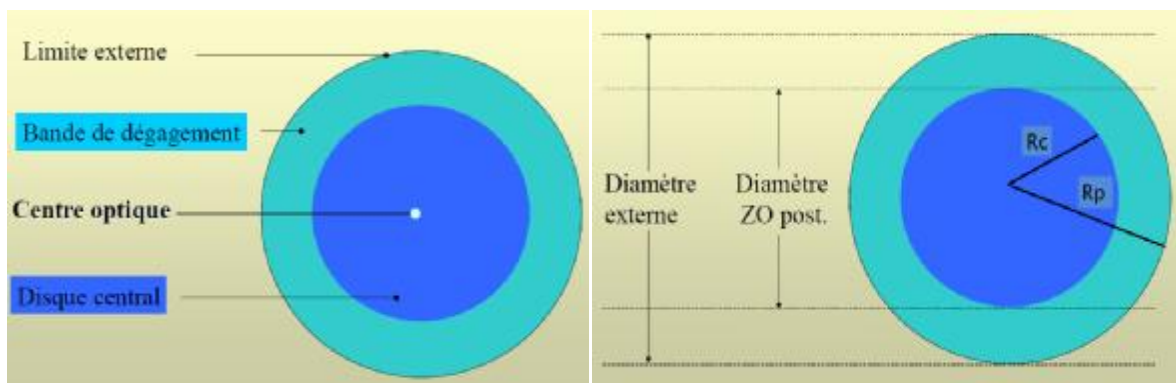


Figure 8

Figure 9

Figure 8 et 9 : Face postérieure de la lentille

Un autre paramètre intervenant dans l'équipement en LRPG est la hauteur axiale au bord de la lentille, appelée encore par les anglosaxons : « 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 10).

Une LRPG qui présente un AEL important, présente un fort aplatissement. C'est l'apanage des LRPG destinées aux équipements pour kératocônes.

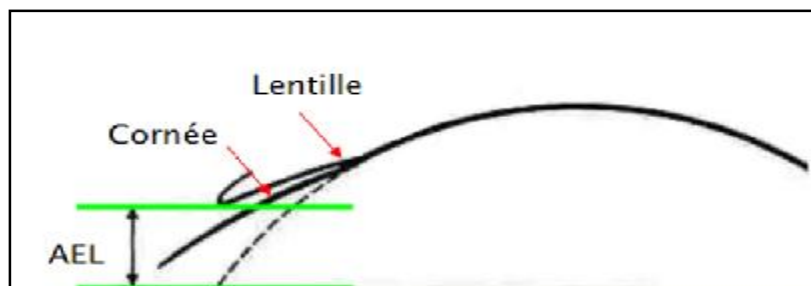


Figure 10: Axial Edge Lift d'une lentille

### 3.3 Face antérieure

La face antérieure d'une LRPG (Figure 11) 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.

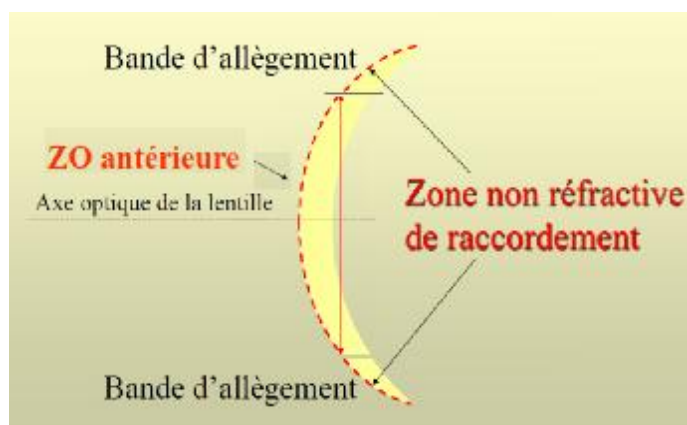


Figure 11: Face antérieure de la lentille

### 3.4 Géométries des LRPG utilisées dans le traitement du kératocône

De nombreuses lentilles dites « spécial kératocône », permettent d'adapter toutes les formes de la maladie :

Les géométries les plus utilisées sont:

-Sphériques multicourbes: La zone optique centrale est sphérique avec plusieurs bandes de dégagements sphériques allant de 2 à 5 qui s'aplatissent progressivement.

-Sphéro-asphériques: { Sphérique: La zone optique centrale est sphérique.  
Asphériques: Les dégagements périphériques sont  
asphériques

-Asphériques: La zone optique centrale et les dégagements périphériques sont asphériques.

-Une lentille particulière, qui est la lentille Rose K2, dessinée par Paul Rose afin de simplifier l'adaptation des kératocônes. Elle présente une géométrie complexe multicourbe et possède une zone optique postérieure réduite qui diminue de plus en plus avec la progression de la maladie.

# LE KERATOCONE

## I. Historique [2, 36-40]

La première description clinique de cette affection date du début du XVIIIème siècle par Duddel en 1729, qui a décrit l'observation d'un adolescent dont les cornées faisaient fortement saillie en avant et qui en outre était porteur d'un nystagmus.

En 1748, l'ophtalmologiste allemand Mauchard a fourni une description du kératocône sous le nom de « *staphyloma diaphanum* ».

Une description claire de la maladie n'a été donnée qu'en 1854, lorsque le britannique Nottingham a rapporté le cas de cornée sphérique en décrivant plusieurs caractéristiques classiques de la maladie.

En 1859, le chirurgien britannique Bowman a utilisé un ophtalmoscope pour le diagnostic du kératocône et a décrit comment incliner le miroir de l'instrument de manière à mieux distinguer la forme conique de la cornée. Bowman a également essayé de restaurer la vision en tirant sur l'iris à l'aide d'un fin crochet inséré à travers la cornée et en tirant sur la pupille selon une fente sténopéïque verticale. Il a rapporté avoir obtenu un succès avec cette technique en restaurant la vision d'une patiente de 18 ans.

En 1869, lorsque le pionnier Suisse de l'ophtalmologie Johann Horner a rédigé une thèse intitulée « sur le traitement du kératocône », la maladie a déjà acquis sa dénomination actuelle. Le traitement à cette époque était une tentative pour reformer physiquement la cornée par cautérisation chimique via une solution de nitrate d'argent et l'application d'une pression.

L'idée de corriger le kératocône par une lentille de contact, dénommée « lunette de contact » à l'époque, revient à Fick en 1888 marquant le début de la contactologie. C'est le physicien Français Kalt qui a fabriqué par la suite le premier

modèle des coquilles de verre qui ont amélioré la vision des patients en comprimant la cornée en une forme plus régulière.

Par la suite, le kératocône a fait l'objet de nombreux travaux dont ceux d'AMSLER.

## II. Épidémiologie [6, 12, 40-43]

La fréquence du kératocône dans la population générale est variée entre 1 à 5 pour 1000 habitants.

Le développement de la chirurgie réfractive et de la vidéotopographie cornéenne a permis de faire un diagnostic plus précoce de l'affection dont la fréquence était sous-estimée.

L'âge moyen de découverte se situe classiquement entre 20 et 30 ans.

Toutes les ethnies peuvent être atteintes.

Une légère prédominance masculine est retrouvée dans les certaines séries récentes [5, 42].

Le kératocône est en général bilatéral. L'unilatéralité est notée dans environ 4,5% des cas. La surveillance systématique des yeux adelphe de cas qualifiés d'unilatéraux a montré que l'atteinte du deuxième oeil pouvait se révéler après plusieurs dizaines d'années [43].

## III. Etiopathogénie et formes associées

L'étiopathogénie du kératocône demeure mystérieuse jusqu'à aujourd'hui. Autrefois, la majorité des hypothèses reposait sur la constatation de la coexistence de la maladie avec d'autres affections [3] : Des maladies osseuses, des troubles du métabolisme du calcium, des infections telles que la scarlatine ou la typhoïde et l'insuffisance thyroïdienne ou hypophysaire.

Actuellement 5 facteurs pouvant jouer un rôle dans la genèse de cette affection sont retenus :

## 1- Rôle de L'hérédité

Le rôle de l'hérédité a été suggéré par l'observation de nombreux cas familiaux (6% des cas selon Kennedy) [1]. Ce caractère héréditaire a été confirmé par des études chez les jumeaux, qui montrent une plus grande concordance entre les monozygotes qu'entre les dizygotes [36]. Aussi, la présence de kératocône, chez les apparentés de premier degré de patients atteints, est significativement plus élevée par rapport à la population générale. L'étude du typage HLA a confirmé le caractère héréditaire de la transmission. Mais aucune étude n'a permis de dégager un typage HLA particulier à cette pathologie.

Néanmoins, il est difficile devant une atteinte familiale de faire la part entre l'hérédité et l'action des facteurs de risque communs sur les membres d'une même famille.

## 2- Rôle de l'atopie

Décrite la première fois en 1937, l'association du kératocône à des manifestations atopiques (asthme, eczéma) a donné lieu à de nombreuses publications :

khan a publié en 1988, 48 cas de kératocônes découverts à l'occasion d'une recherche systématique chez 530 patients atteints de rhinite printanière. Cela représente une incidence de 7% (bien supérieure à celle retrouvée dans la population générale) [36].

Harrison a montré sur 67 patients présentant un kératocône, que les antécédents d'atopie sont moins souvent retrouvés chez les patients ayant une forme unilatérale [44].

L'étude de Zadnick du groupe CLEK (collaborative Longitudinal Evaluation of keratoconus) [6], portant sur 1209 cas de kératocônes, a noté une histoire d'allergie dans 53% des cas. La réalisation du prick- test à 22 patients porteurs de kératocône ayant retrouvé une positivité dans 63,3% contre 22,7% dans le groupe de contrôle.

Une enquête récente réalisée par les membres de la SFOALC (Société Française des Ophtalmologistes Adapteurs de Lentilles de Contact) sur 824 patients porteurs d'un kératocône, a montré l'existence d'une conjonctivite allergique chez 21% des cas et d'une allergie générale associée (asthme, eczéma) dans 34,6% des cas [5].

### 3- La trisomie 21

Environ 6% des sujets trisomiques 21 présentent un kératocône. L'évolution est caractérisée par la fréquence accrue de complications, notamment la survenue d'un kératocône aigu, probablement favorisée par les traumatismes cornéens, fréquents chez ces patients [45].

### 4 -Rôle de l'altération du tissu conjonctif [46]

Le kératocône serait plus fréquemment rencontré au cours de certaines maladies du tissu conjonctif : La maladie d'Ehler-Danlos, l'ostéogénèse imparfaite, le syndrome oculo-digital, le syndrome d'Appert, la dystocie cranio-faciale de Crouzon, le syndrome de Marfan et le prolapsus de la valve mitrale.

Une anomalie du métabolisme du collagène ou des protéoglycènes serait à l'origine des signes oculaires et généraux de ces affections, mais elle n'a pu être mise en évidence avec certitude que dans la maladie d'Ehler-Dalos de type IV.

## 5- Rôle des facteurs mécaniques

La fréquence du kératocône semble accrue de façon significative dans les cas d'agression mécanique de la cornée.

- Ø Frottement oculaire : Il est fréquemment signalé dans la littérature avec une prévalence évaluée entre 66 et 73% [1], et est essentiellement liée à la conjonctivite printanière, à la trisomie 21 et au terrain atopique.
- Ø Lentilles cornéennes : L'influence du port des lentilles de contact rigides en PMMA dans le développement du kératocône a été suggérée en 1968 par Hartstein [49] et par Gass en 1976 [47]. Cependant aucune relation de cause à effet n'est actuellement formellement démontrée. Seul le risque d'opacité cornéenne pour les cornées ayant une kératométrie supérieure à 52 dioptries a été retenu [50].

- Ø Floppy eyelid syndrome (syndrome des paupières flasques) [1]:

Ce syndrome a été décrit pour la première fois chez les patients obèses dormant sur le ventre. Il s'agit d'une hyperlaxité tarsale de la paupière supérieure qui est éversée et recouverte de papilles conjonctivales. Le caractère uni ou bilatéral paraît directement lié à la position du sommeil, bilatéral en cas de décubitus ventral, unilatéral en cas de décubitus latéral [51]. Ceci souligne le probable facteur mécanique impliqué dans l'apparition du kératocône.

Notons que la conjonctivite papillaire chronique et l'hyperlaxité tarsale rendent difficile l'équipement de ces patients en lentilles de contact.

De nombreuses études ont suggéré une association entre le Floppy eyelid syndrome (FES) et le syndrome d'apnée du sommeil (SAS). En effet, 96 des patients présentant un FAS ont un SAS. De plus la présence d'un FES est un indicateur de la sévérité du SAS [51].

## IV. Actualités physiopathologiques [41]

Le kératocône est une maladie génétique très sensible aux facteurs environnementaux.

Les kératocytes sont très sensibles aux informations venant de l'épithélium, par des cytokines dont la principale est l'interleukine 1. Ces cytokines transcrivent les facteurs environnementaux comme le frottement des paupières, l'atopie et la conjonctivite chronique.

Certaines études suggèrent que les cornées kératocôniques présenteraient une activité métabolique accrue via les métalloprotéases dégradant une partie du collagène présent dans le stroma cornéen, avec simultanément une réduction de l'expression du gène inhibiteur de la protéase. Ayant un nombre de récepteurs anormalement élevé pour cette cytokine, les kératocytes vont réagir par une production anormale de protéinases.

## V. Etude clinique du kératocône [53, 54]

Le diagnostic du kératocône est porté en règle générale chez un adolescent ou un adulte jeune. Dans l'étude CLEK [6], 90 % des diagnostics avaient été posés entre 10 et 39 ans. Dans une étude plus récente, l'âge du diagnostic se situe pour 73 % des patients avant 24 ans [52].

### 1- Inspection

L'inspection permet de soupçonner un kératocône en mettant en évidence une protrusion excentrique de la cornée. Sa visualisation sera de difficulté variable suivant le stade évolutif de la maladie :

-Au début elle sera surtout bien visible en rétro illumination. A travers un ophtalmoscope direct en se tenant à une distance d'environ 1m et avec une pupille

parfaitement dilatée, on peut observer un reflet endothélial qui apparaît au sommet du cône en raison de l'augmentation de la concavité de la surface cornéenne postérieure. Une ombre annulaire sépare le reflet brillant du cône du reflet de la périphérie cornéenne. Cette ombre résulte de la réflexion interne totale de la lumière provoquée par l'ectasie cornéenne.

-A un stade plus avancé, la protrusion cornéenne peut être visible de profil. Elle peut provoquer une angulation de la paupière inférieure lorsque le patient regarde vers le bas : C'est le signe de MUNSON RIZZUTI (Figure 12). Aussi, lorsqu'on éclaire par un faisceau lumineux le coté temporal de l'œil, légèrement en avant du plan de l'iris, les rayons lumineux, focalisés par le cône, vont converger près du limbe nasal, c'est le signe de RIZZUTI.

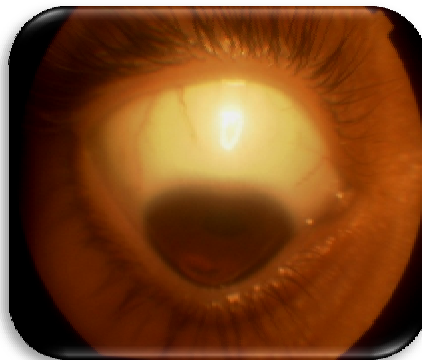


Figure 12 : Signe de Munson Rizzuti (service d'ophtalmologie B)

## 2- L'astigmatisme myopique irrégulier

Dans les premiers stades, l'astigmatisme est le seul élément qui va permettre de suspecter un kératocône.

En rétinoscopie, on remarque une distorsion du reflet rouge du fond d'œil, pouvant donner naissance à un effet ciseau : Le reflet lumineux, au lieu d'être distribué de façon régulière, présente un centre sombre qui le divise en 2 branches.

La kératométrie mesure objectivement l'astigmatisme de la face antérieure de la cornée sur un cercle paracentral de 3 mm de diamètre [53]. Elle peut être manuelle (Javal) ou automatique.

Elle permet de classer le kératocône en forme débutante, modérée ou sévère et de préciser les axes et les courbures des deux méridiens principaux :  $K_{min}$  (méridien le plus cambré) et  $K_{max}$  (méridien orthogonal au précédent), afin de calculer la kératométrie moyenne ( $K_m$ ) :  $K_m = (K_{min} + K_{max}) / 2$ .

Elle constitue une étape essentielle dans l'adaptation du kératocône et le choix de la lentille d'essai. Cependant, sa mesure peut parfois s'avérer difficile dans les kératocônes très évolués.

### 3- Examen biomicroscopique

Il ne permet pas le diagnostic précoce du kératocône. Il permet en revanche la confirmation d'une saillie conique avérée et révèle plusieurs signes caractéristiques importants à rechercher :

-L'amincissement cornéen est visible notamment en utilisant une inclinaison de 30° de la fente. Celui-ci est maximum au sommet de la protrusion.

La déformation n'est pas uniforme et on distingue deux types de saillies coniques dans les kératocônes avancés :

- Le plus habituel est le kératocône rond ou en forme de mamelon.

Il se situe généralement dans le cadran nasal.

- Le cône ovalaire est souvent plus grand et situé dans le cadran inférotemporal, proche de la périphérie cornéenne.

-Les anomalies cornéennes accompagnant la protrusion :

- L'anneau dit « de fleisher » (Figure13): dû à un dépôt de

ferritine à l'intérieur de l'épithélium cornéen. Il se présente comme un anneau partiel ou complet de coloration brune, situé à la base du cône à la limite de la zone

déformée et non déformée de la cornée. Il est mieux visible en lumière bleue et lorsque la pupille est dilatée.

- Les Structures fibrillaires sous-épithéliales : Elles se présentent sous forme de faisceaux concentriques situés à la partie interne de l'anneau de Fleischer. La nature exacte de ces fibrilles et les facteurs qui influencent leur formation ne sont pas encore connus [54].

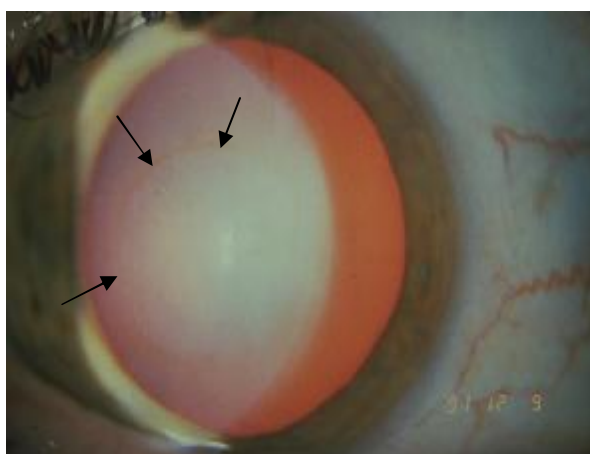


Figure 13 : Anneau de Fleisher

(Les lentilles de contact. Rapport de la SFO 2009)

- Les stries de Vogt (Figure 14) : Elles sont profondément situées dans le stroma cornéen postérieur, juste en avant de la membrane de Descemet et généralement alignées le long du méridien de plus grande courbure. Ce sont des lignes de contrainte verticales, obliques, fines, qui disparaissent lorsqu'on exerce une pression externe sur le globe. Elles sont liées à un reflet dû à un déplacement des lamelles stromales postérieures alors que les lamelles antérieures sont respectées.



Figure14: Stries de Vogt  
(Service d'ophtalmologie B)

- Les lignes cicatricielles superficielles : Elles intéressent le stroma antérieur du sommet du cône. Elles ont un aspect réticulaire et représentent des ruptures de la membrane de Bowman remplies de tissu cicatriciel.
- Les cicatrices profondes (Figure 15) : Elles peuvent se produire chez certains patients qui n'ont jamais porté de lentilles de contact.
- L'hypertrophie apparente des nerfs cornéens.



Figure 15: Cicatrice profonde (service d'ophtalmologie B)

Ces anomalies cornéennes (stries de Vogt, anneau de Fleisher et cicatrices) ont une fréquence directement liée à l'importance de la protrusion du cône, elle-même, dépendante de la kératométrie moyenne [55, 56] (Tableau5).

Tableau 5 : Pourcentage des altérations cornéennes en fonction du stade évolutif du kératocône.

Sévérité de l'affection	Stries de Vogt	Anneau de Fleisher	Cicatrices cornéennes
Minime (< 45D)	21%	33,8%	9%
Modéré (45 à 55 D)	40%	53%	22%
Avancé (> 52D)	60%	67%	67%

## VI. Explorations paracliniques

### 1 - Pachymétrie

La pachymétrie consiste en l'évaluation de l'épaisseur de la cornée. Pour un kératocône évolué, il n'est pas rare de retrouver moins de 400  $\mu\text{m}$  au centre. Le point d'amincissement le plus important ne se situe pas obligatoirement au centre de la cornée; il est en général déporté à la pointe du cône.

### 2- Topographie cornéenne [57]

La topographie cornéenne est indispensable au diagnostic du kératocône et conditionne son suivi.

Les relevés topographiques fournissent d'une part, les valeurs des kératométries maximale, minimale et moyenne ou simK et d'autre part, la pachymétrie en différents points de la cornée.

Ces relevés disposent également de cartes tangentielles (mesurant le décentrement du sommet du cône par rapport à l'axe visuel) et de cartes en élévation (surtout postérieure) qui donnent la vraie situation de l'apex du cône et précisent sa forme (rond ou ovale).

Des indices prédictifs du risque de présenter un kératocône fruste ont été développés et permettent à présent un dépistage précoce. Ils reposent sur plusieurs

paramètres comme l'épaisseur minimale de la cornée centrale, l'étude de sa régularité, la kératométrie, sa symétrie par rapport à l'axe horizontal ou par rapport à l'œil controlatéral.

Les critères les plus connus sont ceux de Rabinowitz [58], qui sont fondés sur :

- Les différences de puissance dioptrique entre les zones supérieure et inférieure de la région paracentrale de la cornée (sur un cercle de 3mm), ce qui détermine la valeur I-S.

- La puissance centrale de la cornée, ou Kmax.

- Les différences de puissance entre les deux yeux.

Ainsi, les critères kératométriques retenus dans le diagnostic du kératocône sont :

- Une puissance cornéenne centrale supérieure à 47 D.
- Une asymétrie cornéenne supérieure à 1,5 D calculée par l'indice I-S.
- Une asymétrie de la kératométrie centrale supérieure à 1D entre les deux yeux.

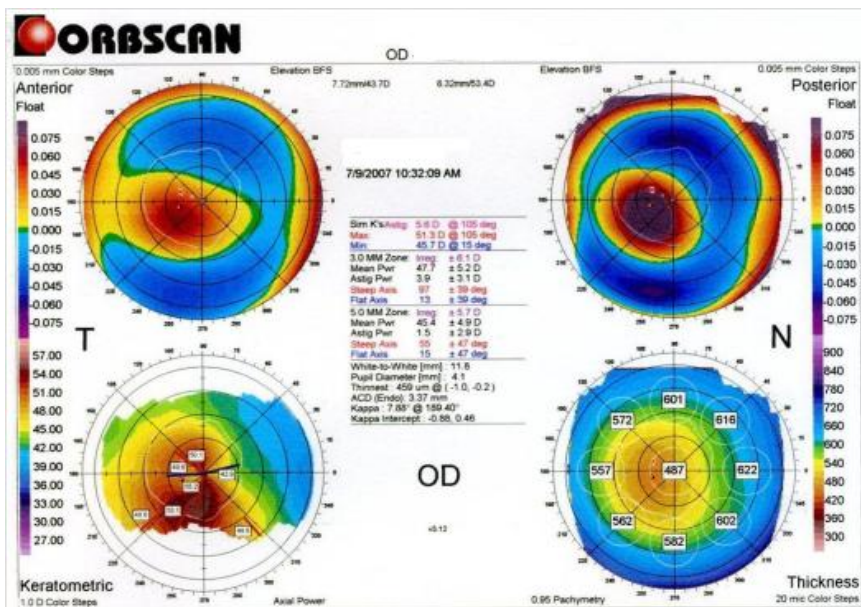


Figure 16 : Topographie cornéenne avec cartes d'élévation antérieure et postérieure, ainsi que les cartes: pachymétrique et kératométrique, montrant un kératocône évolué légèrement décentré.

### 3- Microscopie spéculaire [59]

Elle permet de démontrer d'une part l'altération des cellules épithéliales et d'autre part l'apparition au niveau de l'endothélium d'un pléomorphisme important et d'une diminution de la densité cellulaire de la zone centrale.

### 4 -Microscopie confocale [59]

C'est une technique d'imagerie pouvant étudier les tissus in vivo de façon non invasive. Elle permet d'analyser les modifications cellulaires potentielles chez les patients atteints de kératocône :La visibilité des nerfs cornéens est plus nette dans les stades avancés de la maladie.

Elle permet aussi d'analyser l'impact du port des lentilles sur la surface cornéenne : Il a été constaté que le port de lentilles rigides serait à l'origine de microtraumatismes épithéliaux, source de relargage des cytokines apoptotiques induisant la diminution des kératocytes au niveau du stroma antérieur [64].

### 5 - Aberrométrie [60]

Cette méthode mesure la déformation d'un front d'onde projeté dans l'œil. Ce dernier se réfléchit au fond de l'œil et est analysé une fois ressorti. Si l'œil est optiquement parfait, le front d'onde sortant est identique au front d'onde entrant. Dans le cas contraire, on parlera d'aberrations optiques plus ou moins importantes.

L'aberrométrie est surtout utile au stade précoce de la maladie pour évaluer la qualité visuelle et comprendre les symptômes du patient. 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.

## 6- L'analyseur de la viscoélasticité cornéenne (ORA) [61]

De façon indolore et non invasive, l'ORA permet l'analyse des propriétés biomécaniques de la cornée. Elle étudie notamment la viscoélasticité cornéenne ou hystérésis, qui pour le cas des kératocônes est abaissée. Il présente un intérêt pour le dépistage des formes infra-cliniques, pour grader le kératocône et pour évaluer l'efficacité des différents traitements.

## VII. Diagnostic différentiel [40]

Il se pose avec les autres affections comportant un amincissement non inflammatoire de la cornée.

### 1- Kératoglobe

Il s'agit d'une ectasie cornéenne rare, bilatérale, caractérisée par la protrusion globuleuse d'une cornée diffusément amincie, de diamètre normal ou modérément augmenté. Cet amincissement est plus important près du limbe à la différence du kératocône où l'amincissement est central. On ne note pas d'anneau métallique ni de cicatrice cornéenne.

Son évolution est très différente de celle du kératocône: les ruptures de la membrane de Descemet et les hydrops aigus sont exceptionnels. En revanche, l'évolution est marquée par le risque de perforation.

### 2 -Dégénérescence pellucide marginale [59]

Elle est de plus en plus considérée comme une forme clinique du kératocône.

Il s'agit d'une affection bilatérale qui se traduit par un amincissement de la cornée périphérique dans le secteur inférieur, intéressant une bande étroite de 1 à 2 mm de large, elle-même séparée du limbe par une zone de cornée normale de 1 à 2

mm de large. Cet amincissement est clair, avasculaire, sans dépôt lipidique et sans ulcération. Des études histologiques ont pu montrer une parenté étroite entre dégénérescence pellucide marginale et kératocône.

### 3- Kératocône postérieur [59]

Le kératocône postérieur est très rare. Il est unilatéral, existant à la naissance et marqué par des anomalies de la cornée ne touchant que la face postérieure. Il est souvent associé à d'autres anomalies du segment antérieur (aniridie, atrophie irienne, glaucome, lenticône antérieur, ectopie cristallinienne, opacités cristalliniennes antérieures).

### 4- Corneal warpage [62]

Le corneal warpage est une modification de la forme cornéenne induite par la pression exercée par la lentille (essentiellement rigide) à laquelle s'ajoute celle de la paupière supérieure. Il a été démontré que ce syndrome est favorisé par le port de lentilles décentrées et par l'utilisation de matériau à faible transmissibilité à l'oxygène.

## VIII. Classifications du kératocône

### 1- Classification d'Amsler

La classification d'Amsler [39] est la classification du kératocône la plus ancienne et reste toujours largement utilisée:

-Stade 1 : Astigmatisme oblique avec asymétrie visible au kératomètre de Javal.

-Stade 2 : Astigmatisme asymétrique plus marqué au kératomètre et visibilité de l'amincissement cornéen à la lampe à fente.

-Stade 3 : Mesures même approximatives impossibles au Javal avec amincissement marqué de la cornée.

-Stade 4 : En plus des signes précédents, il existe des opacités cornéennes.

## 2 - Classification fondée sur la kératométrie [63]

Elle permet une stadification du kératocône en fonction de la kératométrie moyenne (Km) (Tableau 6).

Tableau 6: Classification du kératocône en fonction de la kératométrie

Stade du kératocône	Kératométrie en dioptrie	Kératométrie en mm
Kératocône débutant: stade 1	Km < 45D	Km > 7,50mm
Kératocône modéré: stade 2	Km: 45 à 55 D	Km: 6,75 à 7,50 mm
Kératocône évolué: stade 3	Km : 50 à 55 D	Km : 6,14 à 6,75 mm
Kératocône sévère: stade 4	Km > 55 D	Km < 6,14 mm

## 3 - Classification de Krumeich [59]

Pour utiliser cette classification, il faut préciser les éléments qui la composent (Figure 17) :

- Kmax : Kératométrie maximale centrale topographique (3mm centraux de la cornée) en dioptries.
- Pmc, pachymétrie centrale en micromètres au point le plus fin ou « thinnest point », mesurée par la topographie d'élévation ou, à défaut, mesurée aux ultrasons.
- P (SPH), puissance réfractive manifeste de la sphère et/ou P(CYL), puissance réfractive manifeste du cylindre.

Un seul critère est suffisant pour appartenir à un stade.

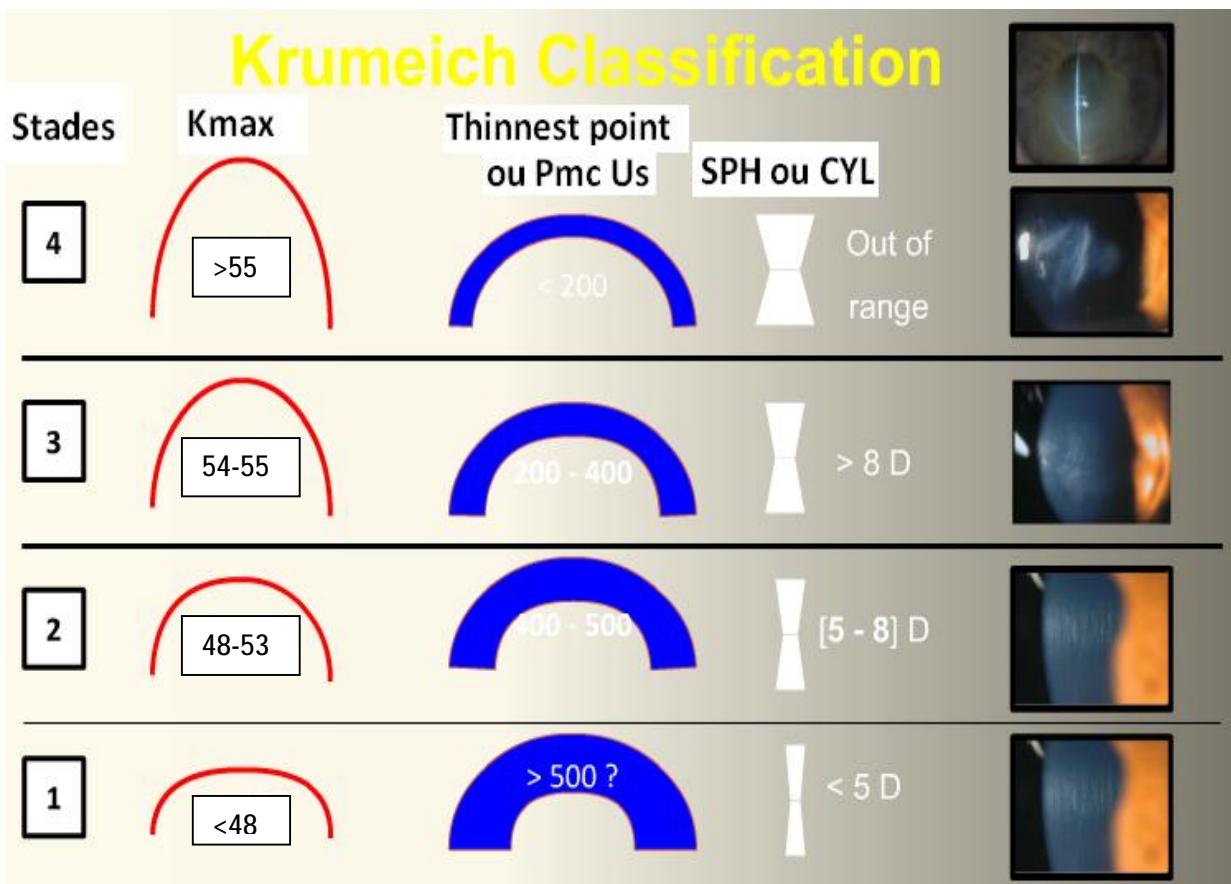


Figure 17: Classification de Krumeich

# LENTILLES DE CONTACT ET TRAITEMENT DU KERATOCÔNE

La lentille de contact représente l'arme de choix dans le traitement du kératocône. L'adaptation des ces cornées anormales est cependant délicate voire impossible dans certains cas. Elle permet de supprimer une grande partie des irrégularités de la cornée, améliorant ainsi l'acuité visuelle du patient. Par ailleurs, les lentilles ne freinent pas l'évolution du kératocône [21, 41].

La correction par lentilles peut être préconisée après chirurgie du kératocône, que ce soit en post greffe (lamellaire ou profonde) ou après pose d'anneaux intracornéens. En effet, il peut persister un astigmatisme irrégulier, voire des amétropies postopératoires.

Après cross-linking du collagène, l'adaptation en lentilles de contact n'est envisagée qu'après cicatrisation épithéliale [42] [59].

## I. Lentilles de contact utilisées dans le kératocône [59]

### 1- Lentilles rigides perméables au gaz (LRPG)

Le kératocône est responsable d'un astigmatisme irrégulier, il faut donc des lentilles qui corrigent au mieux ce type d'astigmatisme, à savoir les LRPG. Une fois posées sur l'ectasie cornéenne, elles vont permettre l'obtention d'un dioptré antérieur régulier, éliminant ainsi la majeure partie de l'astigmatisme irrégulier. Elles garantissent aussi un passage facile des larmes sous la lentille assurant une bonne oxygénation cornéenne. De plus, elles sont bien tolérées par la majorité des patients [1].

## 1.1 Objectif de l'adaptation du kératocône en LRPG:

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.

Le second objectif de l'adaptation est l'obtention d'un équilibre réparti de la LRPG sur la cornée (sans appui): Une lentille mal adaptée peut augmenter le risque de survenue d'opacités cornéennes au niveau du sommet du cône par appui excessif.

## 1.2 Principes d'adaptation des LRPG dans le kératocône: [21, 41, 59]

### 1.2.1 Bilan de préadaptation: [59]

#### a/ Interrogatoire

Il précisera:

#### - 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, diabète, troubles hormonaux, infection, immunodépression, dysthyroïdie, traitements au long cours, terrain allergique...

#### - Les antécédents ophtalmologiques:

- Médicaux: Toute affection oculopalpebrale pouvant modifier le confort ou la sécurité du port : Allergie, blépharite, ptérygion, kératite, sécheresse oculaire; ainsi que l'utilisation de traitements locaux (collyres, pommades, conservateurs).
- Chirurgicaux: Chirurgie oculomotrice, palpébrale, cornéolimnique (ptérygion , plaie, kératoplastie...), décollement de rétine....

- Optiques : Antécédent de port de lunettes et meilleure acuité visuelle corrigée.

- Contactologiques: (ancien porteur):

- Ø La date de la première consultation, le rythme du suivi, la date du dernier port.

- Ø Le matériau de la lentille utilisée, sa géométrie et ses paramètres.

- Ø Le type de renouvellement, les habitudes d'entretien et d'hygiène, les incidents et accidents de port et leurs causes, la tolérance sur 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 prolongée, type de conduite automobile diurne ou nocturne.

-Les loisirs du patients: (voyages fréquents, sport nautique...)

-Les exigences du patient, ses motivations et ses objectifs optiques et pratiques

b/Examen clinique

-Réfraction et mesure de l'acuité visuelle:

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

-Etude de la Motilité oculaire :

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

- kératométrie:

Elle mesure le Kmin, kmax permettant ainsi le calcul de la kératométrie moyenne, exprimée en mm. Celle-ci peut être convertie en dioptries par la formule suivante:  $D = (n' - n) / r$

D: Puissance en dioptries; n': indice kératométrique= 1,3375

n: indice de l'air=1; r : rayon de courbure en mètre

Elle constitue une étape essentielle dans l'adaptation du kératocône et le choix du rayon de courbure de la lentille d'essai.

-Examen à la lampe à fente:

Examen des paupières :

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

Analyse du film lacrymal :

- Ø Qualitative : sous fluorescéine, par l'homogénéité de sa répartition cornéenne (immédiate et après chaque clignement). Ainsi que par son temps de rupture (break up time).
- Ø Quantitative par l'analyse de la rivière lacrymale et par le test de Schirmer.

Examen du segment antérieur :

- Ø Examen de la conjonctive bulbaire et des culs de sac conjonctivaux
- Ø Examen de la cornée :

-Rechercher une kératite, une cicatrice, une opacité, une dystrophie...

-Evaluer les dimensions de la cornée et la proportion de son recouvrement palpébral supérieur et inférieur.

- Ø Apprécier l'état de la conjonctive et de l'épithélium cornéen après instillation d'une goutte de fluorescéine.

Ø Examen du limbe : A la recherche d'une hyperhémie, de néovaisseaux, d'un ptérygion, de bourrelets allergiques...

Etude de la taille de la pupille dans les conditions d'éclairage de la salle.

Mesure du tonus oculaire

Examen du fond d'œil

c/Topographie cornéenne

C'est un examen systématique pour le diagnostic du kératocône (surtout de la forme fruste) et son suivi évolutif. Cependant, elle n'a pas d'apport dans l'adaptation du kératocône : C'est le rayon de courbure mesuré par le kératométrie qui nous aide le plus pour le choix de la lentille d'essai.

En effet, une récente étude [65] a montré que le rayon de courbure de la lentille utilisée est fonction de la kératométrie moyenne selon la formule suivante:

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

d/ Aberrométrie [66]

Elle permet l'analyse de la réduction des aberrations totales sous LRPG, pour mieux évaluer la qualité visuelle des patients.

1.2.2 Techniques d'adaptation [21, 41, 53, 59]

Il existe 3 types d'adaptation :

Technique de l'appui apical (apical bearing) :

La LRPG exerce une pression sur l'apex du cône, dans le but de l'aplatir.

Elle a comme avantage de réduire l'astigmatisme et d'augmenter la partie optique utile de la cornée, ce qui va optimiser le gain visuel.

L'image fluorescénique obtenue est celle d'une zone centrale sombre de 3 à 4 mm et une stagnation de la fluorescéine au niveau des dégagements en moyenne périphérie et aux bords. Cette stagnation est accentuée dans l'hémicornée inférieure car la LRPG est prise par la paupière supérieure du fait de sa géométrie plate (Figure 18).

Les complications de cette technique sont la perte fréquente de la lentille, un inconfort dû à son bord inférieur non aligné sur la cornée, des épisodes de kératites à répétition voire permanente et la fréquence plus élevée d'opacités cornéennes.

Cette adaptation est abandonnée actuellement dans la prise en charge des kératocônes.

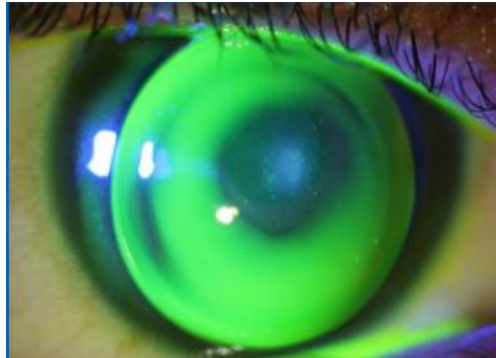


Figure 18 : Technique de l'appui apical, compliquée d'une kératite ponctuelle superficielle de l'apex (Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)

Technique de la clearance apicale ou circulation lacrymale apicale (« vaulting effect »)

Son principe est inverse et a pour but d'éviter les complications cornéennes en évitant tout contact entre le sommet du cône, ce qui implique la présence d'une importante zone centrale de larmes (Figure 19).

Elle a comme avantage de préserver l'intégrité de l'épithélium cornéen central, d'augmenter le temps de port dans des conditions satisfaisantes et de diminuer l'incidence des complications.

L'indication principale est le kératocône centré très saillant présentant des kératites ponctuées modérées du sommet ou des érosions légères et localisées.

L'acuité visuelle (AV) est en revanche moins performante que dans la technique précédente.

Les inconvénients sont le risque de ventousage de la lentille.

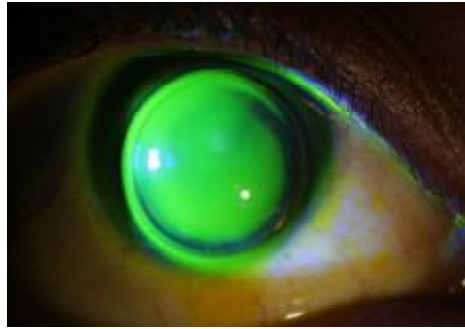


Figure 19 : Technique de la clearance apicale

(Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)

Technique du triple appui:

Elle permet une répartition homogène des zones d'appui en 3 endroits : central à l'apex du cône qui doit être léger et laisser circuler la fluorescéine afin d'éviter les complications cornéennes, les 2 autres appuis en moyenne périphérie (à 180° de l'apex sur le méridien horizontal) vont permettre une répartition homogène du poids de la LRPG. Les dégagements périphériques sont assez larges pour laisser circuler les larmes.

L'image fluorescéinique typique est dite en « cocarde » ou en « œil de bœuf ». (Figure 20).

L'AV obtenue est supérieure à celle des 2 techniques précédentes.

C'est la technique idéale dans le kératocône.

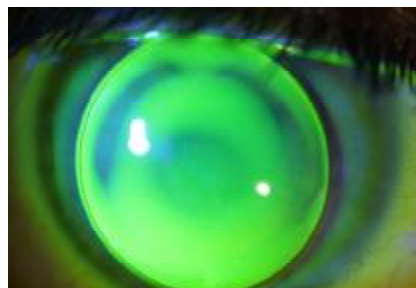


Figure 20: Technique du triple appui (Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)

### 1.2.3 Indications de l'adaptation des LRPG dans le kératocône [41, 53, 59]

#### Selon le stade d'Amsler

-Stade 1: Le traitement optique est la correction par lunettes. La LRPG est envisageable à la demande du patient.

-Stade 2 et 3: Seul un équipement en lentilles rigides permet la récupération d'une bonne acuité visuelle.

-Stade 4: L'adaptation en LRPG est possible en attendant la kératoplastie qui reste l'option thérapeutique à ce stade, en raison de la présence d'opacités cornéennes. La protrusion est tellement importante, que malgré la lentille rigide, les aberrations optiques sont maximales.

#### Selon l'acuité et la fonction visuelle

##### Ø Selon l'acuité visuelle

Il n'existe pas de valeur seuil d'AV faisant abandonner les lunettes en faveur des lentilles de contact. Cependant, il semble admis qu'une réduction de 20% de l'AV serait le moment opportun pour débiter un équipement en lentilles [55].

En pratique, c'est le suivi évolutif qui déterminera le passage aux lentilles de contact, en notant la baisse de l'AV et la difficulté de plus en plus grande à réaliser une correction optique adaptée par lunettes.

Il existe une corrélation entre les aspects topographiques et les valeurs de l'AV. Celle-ci diminue lorsque le sommet du cône se rapproche du centre de la cornée [57].

La valeur pachymétrique minimale et la présence d'opacités cornéennes influencent aussi l'AV [57].

#### Selon la fonction visuelle

La fonction visuelle est altérée en cas de kératocône. L'étude de la sensibilité aux contrastes permet de montrer des anomalies précoces dans les basses fréquences même si l'acuité visuelle est bonne [67]. Aussi, il existe des aberrations

optiques d'ordre supérieur (type coma) dans les formes frustes expliquant les gênes décrites par les patients même au stade précoce.

#### Selon l'uni ou la bilatéralité de l'atteinte:

En cas de kératocône bilatéral, fruste d'un côté encore corrigéable par lentilles de contact, certains auteurs préconisent un équipement unilatéral. D'autres, équipent les 2 yeux car l'adaptation sera plus facile en termes de confort visuel.

Par ailleurs, dans les formes unilatérales évoluées, le déséquilibre optique est très gênant et l'équipement unilatéral peut être difficile en raison du confort perçu par rapport au côté non équipé.

#### Selon l'âge du patient:

- Sujets âgés

Il n'existe pas de limites d'âge dans l'adaptation en LRPG pour le kératocône. Cependant le nombre des sujets âgés équipés reste faible.

- Enfants

Le kératocône chez l'enfant de moins de 10 ans est rare et rapidement évolutif. L'équipement en lentilles doit être instauré très rapidement en raison de l'amblyopie parfois associée.

#### Selon le terrain

En cas de trisomie 21 ou de retard mental, l'équipement en LRPG doit prendre en compte l'importance des troubles psychiques et les nécessités visuelles. Il est souvent discuté avec l'entourage du patient.

Dans les atteintes allergiques, notamment les eczémas du visage ou des paupières, la tolérance des lentilles est souvent diminuée. Une prise en charge multidisciplinaire (dermatologues, allergologues) pourrait améliorer les conditions du port chez ces patients.

### Selon la motivation du patient:

Il s'agit le plus souvent de sujets jeunes et motivés. Néanmoins, chez certains patients, le stress induit par le diagnostic et la connaissance de l'évolution de la maladie pouvait constituer un facteur de freination.

Le niveau économique du patient influence aussi sur sa motivation.

#### 1.3 Choix de la lentille à prescrire: [59, 67, 68]

Le choix des paramètres (géométrie, diamètre, rayon de courbure) de la LRPG d'essai en matière de kératocône, dépend:

- du stade évolutif du kératocône
- de la kératométrie (elle-même dépendante du stade de la maladie).
- de la forme et du décentrement du cône.

Le choix s'oriente aussi vers des matériaux à haut DK garant une bonne oxygénation de la cornée à équiper.

On utilisera des LRPG « spécial kératocône » dès ce stade de la maladie.

Après instillation d'une goutte d'anesthésique local, la LRPG sera posée. Sa mobilité et son centrage sont appréciés par l'examen biomicroscopique environ 10 minutes après la pose: La position au repos de la lentille doit être centrée ou légèrement supérieure. La reprise de la lentille par la paupière supérieure lors du clignement est importante.

##### 1.3.1 Choix de la LRPG d'essai

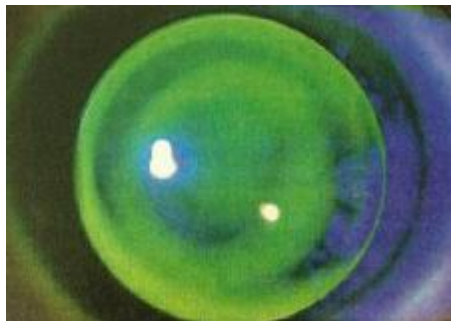
###### a/ Adaptation des Kératocônes débutants: stade1

La géométrie de la LRPG qui convient le mieux dans ces formes, est de type sphéro-asphérique à forte excentricité [69].

Le diamètre standard est de 9,60mm et le rayon de courbure est égal au k le plus plat.

L'adaptation sera vérifiée par la suite après instillation d'une goutte de fluorescéine: Au niveau du sommet du kératocône, l'appui doit être peu marqué. Les

dégagements périphériques doivent laisser passer la fluorescéine dans toute la périphérie de la LRPG et notamment au niveau de l'hémicornee supérieure (Figure 21).



**Figure 21** : Adaptation satisfaisante d'un kératocône débutant (Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)

**b/Adaptation des formes modérées: stade2:**

Les LRPG sphériques multicourbes (plusieurs bandes de dégagement) constituent le choix de première intention. Elles permettent d'éviter l'appui sur le sommet du cône, pouvant être responsable de kératites ponctuées superficielles chroniques. Les dégagements périphériques sont nombreux, larges et ouverts. En principe les géométries tricourbes (2 bandes de dégagement) sont suffisantes à ce stade.

Des règles d'adaptation s'imposent dès ce stade:

-Plus le kératocône est saillant, plus le rayon central de la LRPG est cambré (diminué) et les rayons de courbures périphériques nombreux avec des aplatissements courts et rapides.

-Plus le décentrement du sommet du cône par rapport à l'axe visuel est grand, plus le diamètre de la LRPG est grand, supérieur à 9mm.

Le diamètre est choisi en premier. De celui-ci, dépendra le rayon de courbure

:

-Pour les grands diamètres de 9,00 à 11 mm, le choix du rayon de courbure est fonction du K le plus plat.

-Pour les petits diamètres de 7,00 à 8,50mm, le rayon de courbure est fonction de la Km.

L'image fluorescéinique idéale qu'on doit obtenir est celle du triple appui (Figure 22). Le dégagement périphérique doit être relativement large (Figure 23). Il est important car il est responsable en partie du confort procuré par lentille [70].



Figure 22: Adaptation satisfaisante d'un kératocône modéré (Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)



Figure 23 : Dégagements périphériques Satisfaisants  
(Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)

### c/ Adaptation des formes évoluée: stade3:

L'adaptation sera difficile en cas de cônes très décentrés.

A ce stade, la présence d'opacités cornéennes est à noter, ainsi que leur étendue, leur siège et leur profondeur avant toute adaptation pour la surveillance ultérieure.

Les géométries utilisées à ce stade sont sphériques multicourbes, de diamètres, en général, plus petits que dans les formes modérées, allant de 7 à 8,50 mm.

Le choix du diamètre est fait en premier. Ces kératocônes sont bien adaptés avec des lentilles de petit diamètre.

Pour les LRPG de petits diamètres de 7 à 8,50mm : Elles sont en général multicourbes. Le choix de leur rayon de courbure est déterminé par la Km.

Pour les lentilles de grands diamètres allant de 10 à 12mm: Elles sont indispensables pour les cônes décentrés. Elles peuvent être tri- ou tétracourbes avec des dégagements assez larges. Le choix de leur rayon de courbure est fonction du K le plus plat.

### d/ Adaptation des formes sévère: stade4:

Les mesures kératométriques ne sont plus possible au Javal ni au réfracteur automatique. Même avec les nouvelles technologies, dans certaines formes extrêmes, les calculs du Sim K ne sont plus réalisables.

Les géométries utilisées à ce stade sont sphériques multicourbes .

Les règles d'adaptation gérant le diamètre des lentilles sont les mêmes que dans les formes moins évoluées.

Puisque la mesure kératométrique n'est plus lisible à ce stade, de façon empirique, on choisit une petite lentille de rayon de courbure de l'ordre de 5,50 mm.

La correction avec LRPG donne des résultats visuels ne permettant pas toujours une bonne récupération. Cette acuité non satisfaisante résulte de la conjugaison des aberrations majeures de l'énorme protrusion cornéenne et de la présence d'opacités cornéennes dans la région centrale et paracentrale.

Lorsque l'AV maximale obtenue par lentille ne dépasse pas 3/10, l'indication de kératoplastie perforante est envisagée.

### 1.3.2 Ajustement de l'adaptation

Un appui trop franc au niveau du sommet du cône est traduit par une zone sombre (absence du passage de la fluorescéine). Il faudra resserrer (diminuer) le rayon de courbure jusqu'à l'obtention d'un contact minime.

Si la LRPG est trop serrée, l'examen montre des bulles ou un lac de fluorescéine au centre. Dans ce cas, il faudra l'aplatir en augmentant le rayon de courbure.

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 nouvelle LRPG.

### 1.3.3 La réfraction additionnelle

Une fois la géométrie définitive de la lentille a été sélectionnée. Une réfraction additionnelle peut être évaluée en réfraction automatique sur la lentille à condition qu'elle soit centrée.

L'adjonction de verres sphériques permet le calcul de la puissance définitive. Il faudra se méfier d'une surcorrection myopique chez ces patients qui ont une tendance accommodative importante, en utilisant le test rouge-vert.

## 2-Les autres types de lentilles utilisés dans le kératocône

### 2.1 Lentilles PIGGY-BACK: [21 ; 41 ; 53]

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.

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 (Figure 24).

#### Intérêt

- Augmentation du confort et du temps de port.
- Solution « transitoire » pour s'habituer aux lentilles.
- Amélioration du centrage de la lentille.
- Pas de retentissement physiologique, pas de complication cornéenne induite.

#### Indications

- Patients intolérants aux LRGP.
- Terrain atopique.
- Kératites chroniques de l'apex (avec adaptation satisfaisante).
- Ejections fréquentes des LRPG dans les formes évoluées.
- Idéale dans les formes unilatérales (ou très asymétrique) du sujet de plus de 30 ans.



Figure 24: Adaptation en Piggy-back :

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

### 2.2 Les lentilles souples: [21, 59]

Elles restent une indication exceptionnelle dans le traitement optique du kératocône. Elles sont utilisées surtout, de façon transitoire dans les formes peu évoluées de kératocône intolérantes aux lentilles rigides (2% des patients ayant un kératocône seraient équipés en lentilles souples) [71].

### 2.3 Lentilles jumelées ou hybrides: [59]

Leur intérêt réside dans l'association en une seule lentille d'une partie souple périphérique apportant un bon confort et d'une partie rigide centrale apportant la qualité de la correction optique. Le taux de complications est important en raison de l'hypoxie induite par le faible Dk, de la fragilité de la zone de jonction et du serrage en fin de journée. L'AV reste fluctuante au cours de la journée.

## 3-Contrôle de l'adaptation [72]

### 3.1 Rythme du suivi

Le suivi des patients équipés en lentilles pour kératocône comporte des contrôles réguliers pour vérifier que l'adaptation reste satisfaisante sur des cornées qui, dans le temps, peuvent se modifier de façon variable.

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 mois 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 réduit à 3 mois puis à chaque 6 mois.

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

### 3.2 Examen clinique lors des contrôles

#### Interrogatoire

Il permettra de:

- Evaluer 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 et oeil par oeil.
- 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 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, 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 (kératites), du limbe (néovaisseaux) ou de la conjonctive bulbaire et tarsale.

## 4-Complications de l'adaptation [59, 73]

### 4.1 Complications liées à l'adaptation du kératocône en lentilles:

Elles peuvent être mécaniques ou liées à la pathologie du kératocône.

#### 4.1.1 Complication mécaniques:

##### -Kératite de l'apex du cône:

Elle peut prendre la forme d'une kératite ponctuée superficielle (KPS) ou d'une lésion en tourbillon.

-Elle peut apparaître spontanément dans 26,5% des cas Elle est corrélée à l'importance de la saillie du cône et représente un facteur de risque de survenue des opacités cornéenne (de l'ordre de 2,4) [74].

-Ou être induite par une mauvaise adaptation de la lentille, notamment une adaptation trop plate.

En fonction de la sévérité des lésions, un arrêt transitoire peut s'avérer nécessaire pour obtenir une cicatrisation suffisante.

Si la lentille est trop plate, il faudra la changer par une autre avec un rayon de courbure plus serré. Certains, préconisent le port transitoire d'une lentille piggy-back, le temps de la cicatrisation épithéliale [74].

-Syndrome « 3h-9h »:

Il s'agit d'une prise de la fluorescéine à 3heures et à 9heures au niveau de la cornée. Sa fréquence est estimée entre 15% à 25%.

Il existe 4 stades cliniques en fonction de l'importance des signes :

- 1: KPS diffuse sans coalescence des lésions.
- 2: KPS diffuse avec coalescence légère des lésions mais sans diffusion de la fluo dans les couches profondes et hyperhémie limbique visible.
- 3: KPS dense localisée avec rougeur nette et vasodilatation : le port ne peut être poursuivi dans ces conditions.
- 4: Opacification cornéenne et néovascularisation.

La géométrie de la lentille utilisée serait en cause. L'utilisation de lentilles de grand diamètre permettra d'éviter ce problème.

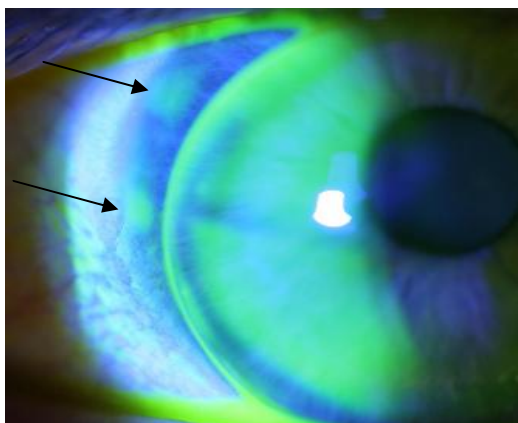


Figure 25: Syndrome de 3h-9h (Les lentilles de contact. Rapport SFO 2009)

-Kératite localisée par passage d'un corps étranger sous la lentille:

Elles sont fréquentes avec les géométries multicourbes.

-Erosions cornéennes paracentrales:

Elles sont le plus souvent liées à une lentille trop serrée ou et/ou à une lentille dont les jonctions entre les différents courbures sont insuffisamment polies.

-Opacités cornéennes:

Elles siègent au niveau du cône augmentant d'importance dans le temps. Elles diminuent l'AV et la sensibilité aux contrastes et augmentent l'éblouissement à la lumière, constituant ainsi une indication à la chirurgie.

Leur survenue peut être :

-Directement liée au rayon de courbure cornéen, plus il est évolué plus leur risque d'apparition est grand. La valeur au delà de laquelle leur fréquence de survenue est significative se situe à une kératométrie supérieure à 52D [74].

-Ou corrélée à la technique d'adaptation. En effet leur fréquence augmente lors d'adaptations plates [54].

Il existe 2 types d'opacité :

-Superficielle « proud nebulae », apparaît dans une zone de contact et d'abrasion cornéenne chronique par la lentille, après plusieurs années de port. Son aspect est duveteux à bords flous. Leur ablation est réalisée par le laser excimer [75].

-Cicatricielle dite « définitive » : Elles sont centrales et sèches, nécessitant le recours à une kératoplastie transfixiante.

#### 4.1.2 Complication liées à l'évolution du cône

Le suivi des porteurs de lentilles en matière de kératocône peut être émaillé de complications aiguës ou chroniques.

-Un ventousage peut se produire, il est lié à une augmentation de la base du cône. Il se manifeste par une gêne après quelques heures du port. A l'examen, la lentille est fixe et les clairances périphériques n'existent pas.

Le serrage de la lentille représente un stade moins avancé du ventousage.

L'utilisation de lentilles dont les dégagements périphériques sont plus nombreux mais surtout plus larges permet de régler ce problème.

-l'appui de lentille sur l'apex du kératocône est également observé dans l'évolution du kératocône dont la saillie apicale a augmenté en hauteur et en largeur.

La surveillance doit permettre par la modification de l'adaptation de solutionner ces problèmes avant qu'une kératite importante et opacités cornéenne ne surviennent

#### 4.1.3 Perte de lentilles:

C'est une source de démotivation pour le patient.

Une fréquence anormale de perte peut être liée à plusieurs conditions :

-La lentille instable : secondaire à un kératocône trop évoluée ou décentré en inférieur dont le bord de la lentille repose sur la marge palpébrale inférieure.

L'utilisation d'une lentille à grand diamètre améliorera sa stabilité.

-Les frottements oculaires : il est fréquent chez les porteurs de kératocône, il est retrouvé chez 2/3 des patients le plus souvent équipés depuis peu de temps [6].

-La perte lors des manipulations d'entretien ou de pose : les LRPG spécial kératocône sont souvent de petite taille, l'acuité visuelle des patients est trop basse, la taille des pinces des étuis à lentilles n'est pas adaptée à de petits diamètres de lentilles.

#### 4.1.4 Excès de port des lentilles:

La dépendance aux lentilles est devenue plus grande puisqu'il s'agit du seul moyen de correction optique efficace.

Il peut conduire à une exacerbation de petits symptômes et signes cliniques sur ces cornées fragiles.

Les LRPG, grâce à leurs matériaux ont permis d'augmenter la tolérance et la qualité de la surface cornéenne.

#### 4.1.5 Modification de la topographie cornéenne:

Ces modifications sont induites par le port de lentilles rigides. Il s'agirait d'une augmentation des indices d'asymétrie et d'irrégularité (SAI, SRI) et du *SimK* [76].

#### 4.2 Complications liée à la pathologie du kératocône:

##### 4.2.1 Diminution de la qualité de la fonction visuelle:

L'obtention d'une acuité visuelle chiffrable supérieure à 8/10 chez un porteur de kératocône équipé en lentilles de contact, est considérée comme satisfaisante. Mais la qualité de cette vision est rarement prise en considération. En effet, l'étude de la sensibilité aux contrastes, trouve une diminution importante dans les basses luminances, de 2 lignes en moyenne, Aussi, l'aberrométrie objective des aberrations d'ordre supérieur, de type coma 2,32 fois plus fréquentes que dans les yeux normaux [66].

Les facteurs semblant influencer cette qualité de vision sont : l'astigmatisme irrégulier, les opacités cornéennes, l'évolution du kératocône [76].

##### 4.2.2 Modification des stries de Vogt:

Ces stries peuvent apparaître plus importantes en nombre et en importance sans ou sous la lentille. Ceci est expliqué par le poids exercé par celle-ci. Une lentille d'épaisseur plus fine, peut être utile dans cette situation.

##### 4.2.3 Kératocône aigu:

Il se produit lorsque la cornée est très amincie et qu'il existe une rupture de la membrane de Descemet, conduisant à une invasion hydrique du stroma cornéen.

##### 4.2.4 Complications allergiques:

L'eczéma des paupières et la conjonctivite giganto-papillaire sont fréquemment associés à la maladie kératocônique rendant le port de lentille plus difficile, irréguliers et moins confortable.

L'allergie aux produits d'entretien des lentilles seraient plus fréquentes en cas de kératocône que dans la population générale.

Le traitement de ces allergies consiste à l'utilisation de collyres anti-allergiques sans conservateurs.

L'utilisation de systèmes oxydants dans l'entretien des lentilles permet de supprimer les réactions allergiques aux conservateurs des produits d'entretien.

La déprotéinisation des lentilles doit être régulière afin d'éviter toute dénaturation des dépôts protéiques présents sur la lentille pouvant aboutir à l'apparition d'une conjonctivite géante-papillaire.

#### 4.3 Complications induites par le port de lentilles :

- L'insuffisance de sécrétion lacrymale secondaire aux inflammations chroniques de la conjonctive, notamment lors de conjonctivites allergiques.

- Complications traumatiques : traumatisme cornéen à chaque pose ou dépose de la lentille

- Complications toxiques : La présence de résidus de surfactants ainsi que les enzymes de déprotéinisation utilisés dans les produits d'entretien peut provoquer dès la pose de la lentille, une irritation cornéenne et conjonctivale qui disparaît rapidement en 2 à 3 jours.

- Complications hypoxiques :

L'hypoxie aiguë est rare du fait de l'évolution des matériaux à haut Dk. L'hypoxie chronique donne un tableau asymptomatique avec présence de microkystes épithéliaux et d'une néovascularisation cornéenne. Elle se voit surtout dans les cas de lentilles très décentrées et enchâssées dans le limbe ou lors de ventousage.

- Complications infectieuses : Elles sont rares chez les porteurs de lentilles rigides pour kératocône.

- Détérioration des lentilles.

## 5- Contre indications des LRPG [59]

### 5.1 Contre indications absolues :

#### Liées à la surface oculaire

- Pumphigus et conjonctivites fibrosantes.
- Kératite filamenteuse, acné et rosacée.
- anesthésie cornéenne.
- Présence d'un ptérygion.

#### Liées à la statique palpébrale (Entropion, ectropion).

#### Contre indications médicamenteuses

Médicaments entraînant une sécheresse oculaire (rétinoïdes).

### 5.2 Contre indications relatives

#### Le port occasionnel

Le confort en LRGP est obtenu par habitude progressive de la paupière supérieure à la présence du corps étranger, représenté par la lentille.

Le port occasionnel est toujours inconfortable car la paupière se déshabitude en quelques jours.

#### Contre indications sportives

Certains sports représentent une contre indication relative aux LRGP comme :

Les sports de combat, l'escalade, l'équitation...

#### Milieus empoussiérés

Milieus professionnels exposent le porteur à la poussière (plâtrier, jardinier...).

#### Fragilité épithéliale

L'adaptation est possible en LRGP si la cornée présente une discrète KPS inférieure.

Par ailleurs, si la KPS est étendue ou s'il existe une kératite d'exposition secondaire à une malposition palpébrale, une exophtalmie ou après chirurgie esthétique, il faut arrêter le port jusqu'à l'obtention d'une cicatrisation cornéenne.

Rareté du clignement (Maladie de Basedow, maladie de Parkinson).

## II. Entretien des lentilles de contact [59]

Entretenir les lentilles de contact est une étape essentielle dans la vie courante d'un porteur.

Une bonne solution d'entretien doit avoir une activité antimicrobienne efficace sans toxicité pour la cornée, respecter le matériau de la lentille, et assurer le confort du patient.

Il existe différents types de solutions d'entretien: Les produits oxydants, les produits multifonctions ou « tout en un », les produits spécifiques à une action de nettoyage, de déprotéinisation ou de lubrification...

### 1 - Etapas de l'entretien d'une solution

#### 1.1 Nettoyage quotidien

Il a pour but d'éliminer les dépôts et de préparer à la décontamination.

Il est:

- Chimique : Par l'action des surfactants présents les solutions d'entretien

- Ou mécanique : Par le massage ou le rinçage de la lentille ou la combinaison des deux

#### 1.2 Décontamination :

L'infection est la complication la plus grave dont l'incidence ne diminue pas malgré l'efficacité des solutions in vitro.

La décontamination vise à éliminer ou réduire le nombre de micro-organismes viables à un niveau acceptable.

### 1.3 Déprotéinisation

Elle a pour but de prévenir ou d'éliminer les dépôts protéiques accrochées à la surface de la lentille. Ces dépôts sont une source d'inconfort et de réactions inflammatoires, responsable à long terme de l'abandon du port de lentilles.

Le processus de déprotéinisation peut être passif grâce aux agents contenus dans les solutions multifonctions, ou actif en ajoutant à la solution d'entretien de base, certaines enzymes comme la papaine (une fois par semaine, sous forme de comprimés) ou d'agents oxydants.

### 1.4 Conservation

Les agents conservateurs visent à prolonger la décontamination et à rééquilibrer l'hydratation de la lentille. Aussi, ils préviennent toute contamination (pendant 28 jours minimum) du flacon après ouverture et des lentilles dans l'étui.

Le temps de trempage de la lentille pour avoir une action de décontamination est fonction de la solution, il varie de 2 à 6h.

L'étui est personnel et il faudra le renouveler chaque mois.

### 1.5 Lubrification :

Elle se fait par l'intermédiaire d'agents mouillants, lubrifiants et viscosifiants.

Leur but est d'améliorer le confort à la pose et pendant le port, surtout pour la LRPG.

## 2- Conseils pratiques aux porteurs

98% des porteurs ne font pas correctement toutes les étapes que ce soit à la pose ou au retrait de leurs lentilles.

Schématiquement, les étapes à suivre sont (Figure 26):

## 2.1 Lavage des mains

Les mains sont les principales causes de contamination.

Le lavage des mains doit être soigneux au savon non gras, non parfumé.

Ensuite elles doivent être séchées par une serviette en papier jetable.

28% des porteurs posent et 43% retirent leurs lentilles sans lavage des mains.

## 2.2 Nettoyage des lentilles

-Le soir : Il faut masser délicatement la lentille dans la main après l'avoir retirée et effectuer un rinçage rapide. Ensuite il faut la mettre dans l'étui avec une solution neuve entièrement renouvelée.

-Le matin: Il faut rincer rapidement la lentille avant de la poser (jamais eau du robinet). Après la pose, l'étui sera vidé, rincé, avec la solution, séché avec un mouchoir en papier et laissé à l'air libre (si possible à distance de zone humide).



**Figure 26:** Les étapes à suivre de la pose au retrait de la lentille de contact

1 : Lavage des mains

2 : Pose de la lentille après un rinçage rapide

3 : Massage et rinçage de la lentille après son retrait

4 : Remettre la lentille dans son étui vide

5 : Décontamination – trempage de la lentille dans la solution d'entretien

# AUTRES ALTERNATIVES THERAPEUTIQUES DU KERATOCONE

## I. Lunettes

Elles constituent le premier équipement optique proposé pour les formes débutantes, mais leur efficacité reste limitée. Elles sont rarement supportées de façon continue et les patients sont souvent déçus du fait de l'inconfort visuel relatif (images floues, photophobie).

## II. Traitement chirurgical

Les lentilles de contact essentiellement rigides, demeurent le traitement optique de base des yeux porteurs de kératocône . Les lentilles ne sont malheureusement pas tolérées chez certains patients, souvent allergiques et dont la cornée reste transparente [1].

Dans ces cas, l'implantation d'anneaux intra cornéens offre une alternative thérapeutique intéressante, permettant d'éviter ou de retarder la réalisation d'une greffe de cornée.

Lorsque l'évolution de la maladie kératoconique conduit à une opacification centrale de la cornée ou à un amincissement important, la réalisation d'une kératoplastie lamellaire ou perforante est alors nécessaire. Notons que le keratocône constitue la première indication de kératoplastie perforante chez l'adulte jeune.

### 1- kératoplastie transfixiante

La kératoplastie transfixiante consiste à remplacer sur toute son épaisseur, une partie de la cornée pathologique. La réhabilitation visuelle est lente et peut nécessiter plusieurs mois. La perte cellulaire du greffon est constante et importante et des complications peuvent survenir.

## 2- kératoplastie lamellaire

Sa technique opératoire est plus difficile que la kératoplastie transfixiante mais les avantages sont notables : conservation de l'endothélium de l'hôte, absence de rejet du greffon, cicatrisation cornéenne plus rapide, durée plus courte de l'utilisation des corticoïdes locaux [76].

## 3- Autres options chirurgicales [13]

Le kératocône, entité pathologique évolutive, constitue en règle une contre-indication formelle à tout geste de chirurgie réfractive, en raison de l'évolution tout à fait imprévisible des résultats anatomiques, fonctionnels et cicatriciels.

Cependant quand la cornée est encore transparente, mais que le patient ne supporte plus les lentilles de contact ; différentes procédures réfractives lui seront proposées, en particulier en raison de pénurie des greffons et des risques potentiels de la greffe de cornée.

- Techniques additives:

Il s'agit de renforcer la cornée par des technologies additionnelles telles que les lentilles intraoculaires phaques, l'épikératoplastie ou les anneaux intra-cornéens, plutôt que de l'affaiblir par des techniques incisionnelles ou ablatives :

- Ø Epikératoplastie

Elle a pour but d'aplanir la cornée déformée et de contenir la protrusion du dôme cornéen par l'addition d'une lamelle de tissu cornéen d'un donneur sain en la suturant fermement à la cornée receveuse par des points séparés.

Plusieurs auteurs ont continués à employer le procédé utilisant des lenticules cornéens frais, il s'agit de tissus cornéens dont la qualité n'est pas optimale pour une greffe perforante en raison d'un endothélium déféctueux ou d'une durée excessive dans le liquide de conservation.

KRUMEICH et al ont réalisé cette technique dans le traitement des kératocône mineurs et modérés, la progression du cône a pu être arrêtée [77].

Dans les cas ou, en cas d'insuccès, une greffe de cornée était nécessaire. Il n'ya pas d'interférence avec le résultat de celle-ci.

Cette technique est recommandée dans ces cas ou la greffe de cornée peut être à risque, en particulier pour des raisons professionnelles ou chez les patients trisomiques.

#### Ø Chirurgie intraoculaire

En cas d'intolérance aux lentilles de contact, chez des patients porteurs de keratocônes stables avec transparence cornéenne centrale normale, une procédure chirurgicale intraoculaire peut s'envisager:

-Si le cristallin est parfaitement transparent, il est possible de corriger l'amétropie myopique et cylindrique par un implant intraoculaire phaqué.

-S'il existe une cataracte, l'ablation du cristallin et l'implantation d'un cristallin artificiel monofocal ou torique, permet une amélioration de l'AV.

#### Ø Anneaux intra-cornéens : Ce sont des petits segments

d'anneaux semi-circulaires rigides en polyméthacrylate de méthyle (PMMA). Leur place dans la prise en charge thérapeutique se situe entre l'échec de l'adaptation en lentille et le recours à la kératoplastie.

Introduits dans l'épaisseur même de la cornée, ces anneaux ont pour vocation de la renforcer. Bien positionnés, ils permettent de diminuer la déformation cornéenne sans toucher la cornée centrale. Ils peuvent être enlevés si nécessaire.

#### • Techniques incisionnelles et ablatives

Photoablation au laser Excimer : Elle a pu être utilisée pour le traitement des opacités cornéennes apicales et/ou lors de difficultés d'adaptation en lentilles de contact. Le keratocône fruste et les cornées topographiquement suspectes restent une contre indication à la chirurgie réfractive ablative au laser à

excimer surtout en mode lasik en raison du risque majeur de développement d'une ectasie cornéenne postopératoire.

### III. Cross- Linking du collagène cornéen (CXL)

Les propriétés biomédicales de la cornée sont déterminées par la densité des fibres de collagène et par la densité des liens entre celles-ci. Le CXL consiste à utiliser un rayonnement ultraviolet et de la riboflavine (vitamine B2, une solution toxique et photosensible) pour créer des liens supplémentaires entre les fibres de collagènes de manière à augmenter la force mécanique des tissus. Ce traitement permet donc de stabiliser et de solidifier la cornée, de retarder voire d'éviter la greffe de cornée.

Une étude récente, réalisée sur 20 yeux de 20 patients traités par cross linking pour un kératocône évolutif a démontré l'arrêt de la progression de la maladie dans tous les cas, sans qu'aucun effet iatrogène ne soit observé.

Les valeurs maximales de kératométrie ont été diminuées de 1,68 D dans 66% des yeux avec un gain de la meilleure acuité visuelle corrigée d'une ligne ou plus dans 56% des cas [78].

# PRISE EN CHARGE ACTUELLE DU KERATOCONE [59]

## 1 Cornée transparente

-Si la maladie est stable (Cliniquement et sur les données de la topographie cornéenne annuelle), le traitement de choix sur ces cornées hyperprolates est la LRPG.

En cas d'intolérance aux LRPG, un essai Piggy-Back est envisagé. Si ce dernier n'est pas supporté par le patient, on procédera alors à la chirurgie et plus précisément la pose d'anneau intra-cornéens.

-Si le kératocône évolue :

Les traitements de choix sont le cross-Linking et l'adaptation en lentille rigide après cicatrisation cornéenne (Figure 27) .

En cas d'intolérance aux lentilles, les anneaux intra-cornéens sont à envisager.

## 2 Cornée non transparente

En première intention, le traitement chirurgical consistera en une greffe lamellaire antérieure profonde.

S'il s'agit d'un kératocône aigu, il faut opter pour une greffe transfixiante.

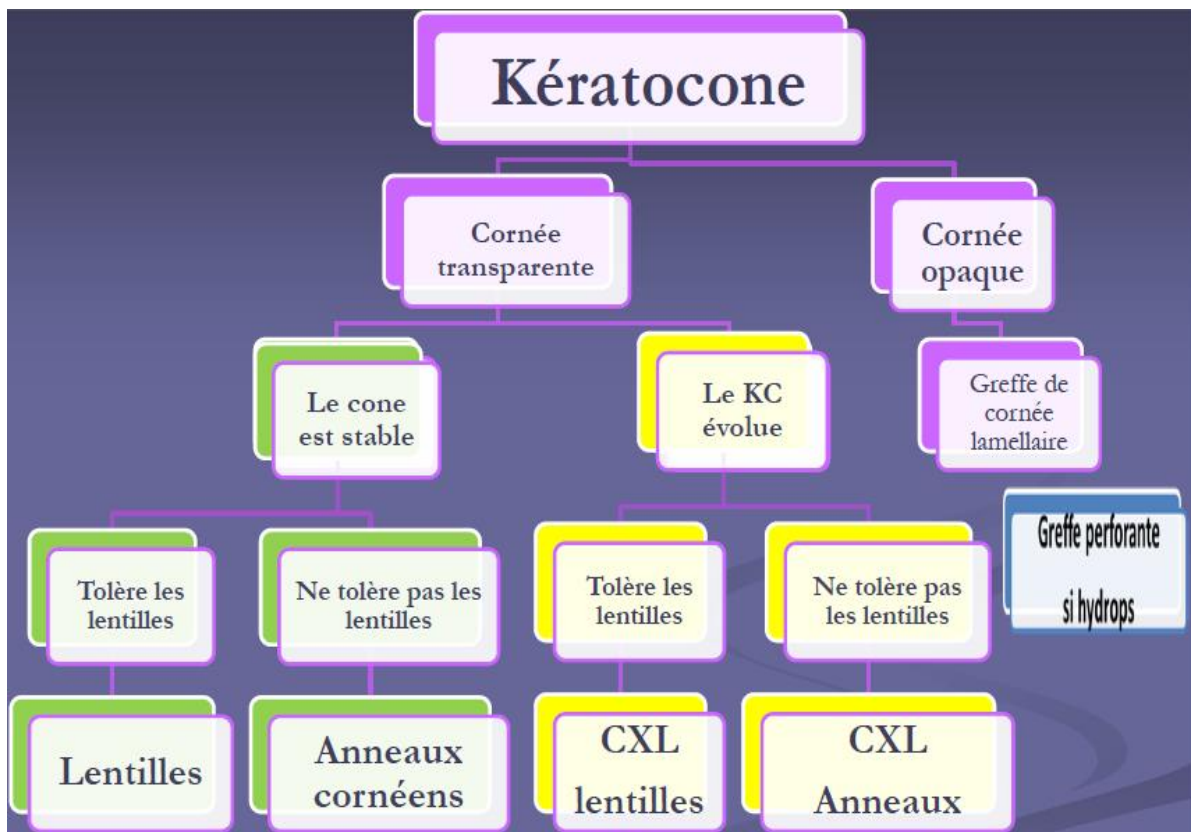


Figure 27: Prise en charge actuelle du kératocône

## RETENTISSEMENT DE LA MALADIE

Une évaluation de la qualité de vie des patients jeunes atteints de kératocône au Japon [79], a identifié des scores de qualité de vie très bas, liés à une anxiété en rapport avec la progression de la maladie mais aussi à la possibilité éventuelle d'une chirurgie oculaire.

L'impact ressenti dans la vie professionnelle, sociale et personnelle a été considéré comme gênant pour 30,2% dans la série de la SFOALC [5] et 40% dans celle du group CLEK [6].

On a constaté aussi que les femmes se plaignent plus souvent que les hommes de leur qualité visuelle et de la sensation de sécheresse oculaire, essentiellement les plus âgées d'entre elles [80].

Tout ceci doit inciter l'adaptateur à effectuer une adaptation non seulement parfaite techniquement, mais aussi compatible au mieux avec la qualité de vie des patients.

# NOTRE ETUDE

# I. Matériel et méthodes

## 1 - Sélection des patients

Nous avons réalisé une étude rétrospective portant sur 307 patients (589 yeux) porteurs de kératocône et équipés en LRPG, suivis à la consultation d'ophtalmologie à l'hôpital des spécialités de Rabat, entre Janvier 2008 et Décembre 2012.

Afin de souligner la place importante des LRPG dans le kératocône, nous avons évalué les résultats visuels et la tolérance après le port. Cette évaluation a été réalisée au minimum après un délai de 3mois de port régulier des LRPG.

De cette étude, ont été exclus tous les patients ayant :

- Une pathologie ophtalmologique associée au kératocône et à l'origine d'une baisse de l'AV: cataracte non opérée, glaucome, pathologie vitréo-rétinienne, neuropathie optique.
- Une contre-indication au port de LRPG : syndrome sec sévère, kératite infectieuse, pathologies cornéo-conjonctivales évoluées altérant la surface oculaire, pathologies palpébrales gênant l'adaptation en LRPG (entropion, ectropion évolués).
- Bénéficiés d'anneaux intracornéens, de cross linking ou de greffe de cornée pour kératocône : Les règles d'adaptation en lentilles sur ces cas particuliers sont différentes de celles suivis pour équiper des cornées kératocôniques n'ayant suivi aucune de ces thérapeutiques.

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

## 2- Méthodes d'observation

Pour chaque patient nous avons relevé : L'âge, le sexe, les facteurs associés, l'existence ou non d'antécédents familiaux, le caractère uni ou bilatéral de l'atteinte et le mode de correction au moment de la consultation.

Pour chaque œil ont été recueillies les données suivantes: La meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC) avec verres de lunette, la kératométrie moyenne, les caractéristiques cliniques du kératocône, son stade, la pachymétrie et les paramètres de la LRPG utilisée.

Les acuités visuelles étaient évaluées par l'échelle de l'AV de Monoyer à 5 mètres et exprimées en décimale. La kératométrie était mesurée au kératomètre automatique. La videotopographie a été réalisée chez la majorité des patients.

Le contrôle de l'adaptation a été réalisé après 8 jours de port. Un suivi à 3 mois a permis d'évaluer la MAVC avec LRPG ainsi que la tolérance du port.

Les autres contrôles ont été effectués à 6 mois, puis chaque année. En cas de kératocône évolutif, d'intolérance de port ou de complications, le rythme de surveillance a été diminué à 3 mois puis à chaque 3 ou 6 mois selon les cas.

Le recul moyen de l'étude était de 2 ans et demi.

## 3- Technique d'adaptation en lentilles

La totalité des patients a été adaptée en LRPG à haut Dk puis suivie par le même ophtalmologiste.

Le but de l'adaptation était d'obtenir un équilibre réparti de la LRPG sur la cornée kératocônique, et d'éviter un appui excessif au sommet du cône pouvant augmenter le risque de survenue d'opacités.

La géométrie de la LRPG de première intention était déterminée en fonction du stade du kératocône:

- LRPG sphéro-asphériques pour les kératocônes débutants.
- LRPG sphériques tricourbes pour les formes modérées.
- LRPG sphériques (tri, multicourbes) pour les kératocônes évolués (stade 3) et sévères (stade 4).
- LRPG Rose K2 a été utilisée dans certains cas.

Le diamètre de la LRPG était standard (9,60mm) pour le stade 1 et fonction de la forme et du décentrement du cône pour les autres stades. Le rayon de courbure était choisi sur les données de la kératométrie.

L'image fluorescéinique avait guidé ensuite l'optimisation des différents paramètres de la lentille : géométrie, rayon, diamètre, dégagements périphériques.

En cas d'inconfort au port, un équipement en piggy-back était réalisé avec l'adaptation d'une lentille souple en silicone-hydrogel à renouvellement fréquent servant de support à la LRPG.

#### 4- Méthodes statistiques

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé avec la version du logiciel SPSS pour Windows version 20.

Les variables quantitatives ont été exprimées en moyennes et écart types, et les variables qualitatives ont été exprimées en effectifs et pourcentages.

Dans un premier temps, nous avons comparé œil par œil la MAVC avec lunettes à la MAVC avec lentilles par le test T de student.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché si certaines variables avaient une influence positive ou négative sur la MAVC avec LRPG :

- L'âge des patients.
- Le stade du kératocône.

- La kératométrie.
- La pachymétrie.
- La meilleure acuité visuelle initiale corrigée par lunettes.
- L'existence ou non d'opacités cornéennes.

Pour cela nous avons utilisé la méthode de régression : L'analyse univariée a été réalisée par régression linéaire univariée. L'analyse multivariée a été réalisée par régression linéaire multiple en pas à pas ascendant. Les variables dont la valeur du  $P \leq 0,2$  en analyse univariée ont été introduites dans le modèle final. Le seuil de significativité était défini à 5%.

Pour évaluer la tolérance au long cours aux LRPG, nous avons évalué le temps de port par jours et par semaines, le degré de tolérance, les causes de la mauvaise tolérance, les éventuelles complications; ainsi que la qualité de vision ressentie par le patient.

# RESULTATS

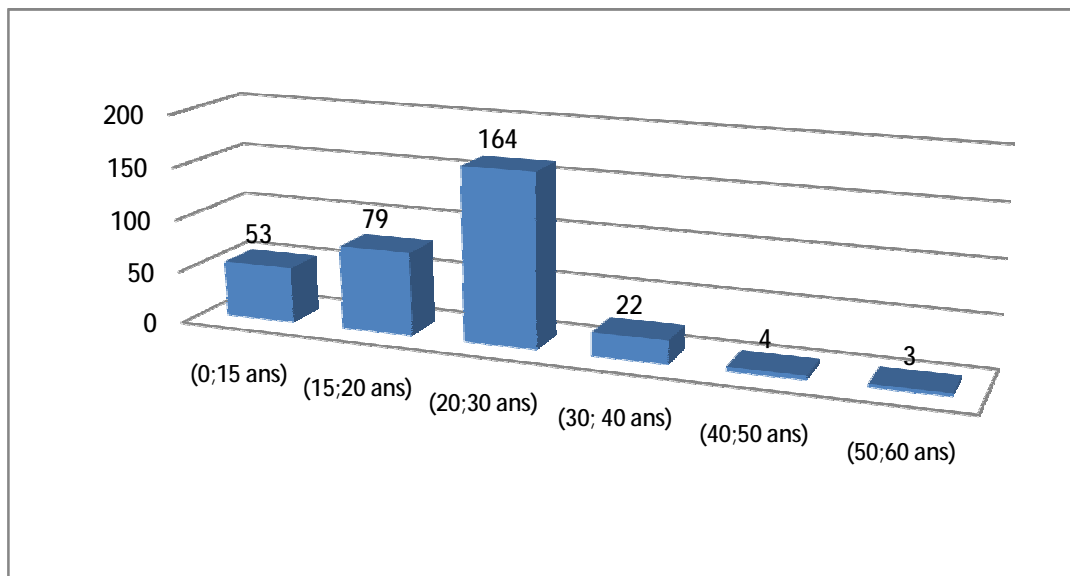
## I. Caractéristiques descriptives de l'échantillon

Notre étude a permis d'inclure 307 patients, soit 589 yeux. Les variables socio épidémiologiques et cliniques étaient comme suit :

### 1 -Caractéristiques épidémiologique des patients:

#### 1.1 Age moyen des patients atteints de kératocône :

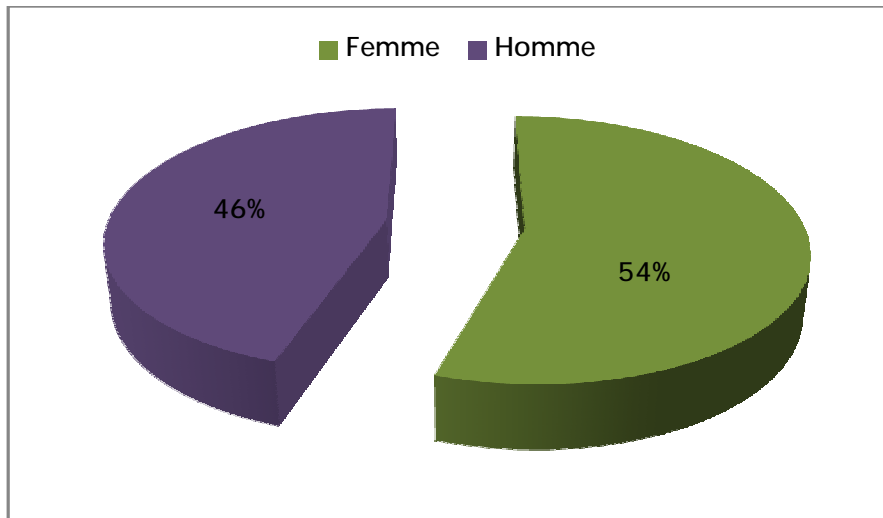
L'âge moyen des patients inclus dans notre étude était de 22,35 ans (écart type de 7,41). Les extrêmes étaient de 7 et 53 ans. 54,8% des patients avaient un âge entre 20 et 40 ans (Graphique1).



Graphique 1: Répartition selon l'âge de 307 patients atteints de kératocône

## 1.2 Prédominance du kératocône en fonction du sexe

On a noté une légère prédominance masculine de 54% (Graphique 2)

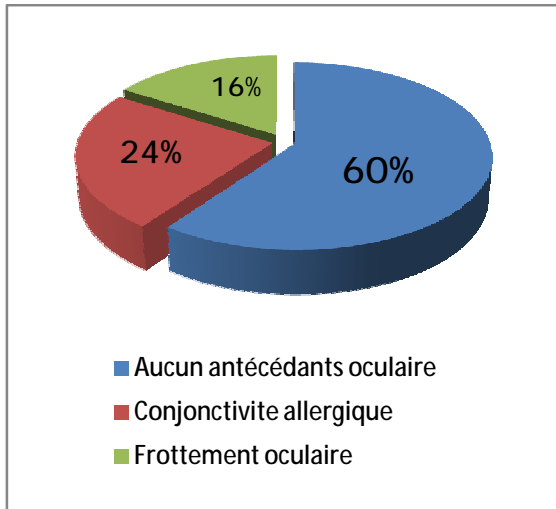


Graphique 2: Répartition du kératocône selon le sexe

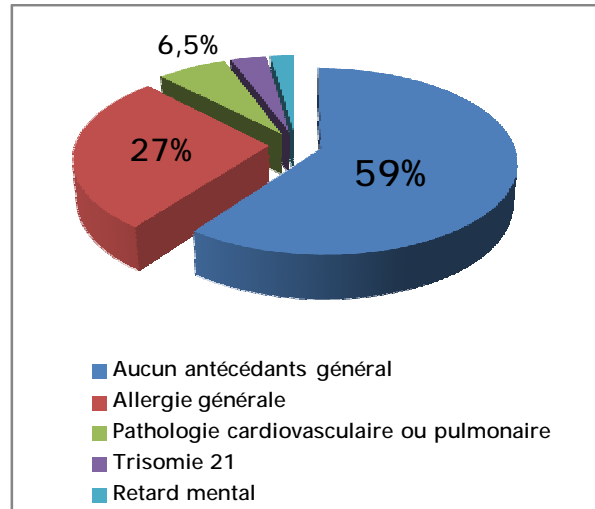
## 1.3 Pathologies associées

Une pathologie oculaire associée était notée chez environ 40% des patients examinés (Graphique 3):

- L'existence d'une conjonctivite allergique était l'association la plus fréquemment retrouvée, puisqu'elle était notée dans 24% des cas.
- Le frottement oculaire était présent chez 16% des patients.
- Une pathologie générale associée était présente chez 39 % des patients (Graphique 4):
  - 3,3% étaient trisomiques 21.
  - L'allergie générale était présente chez 27% des patients.
  - D'autres pathologies cardiovasculaires (valvulopathie) et pulmonaires étaient notées dans 6,5% des cas.
  - Un léger retard mental était retrouvé chez 7 patients (soit 2,2%).



Graphique3: Pathologie oculaires associées



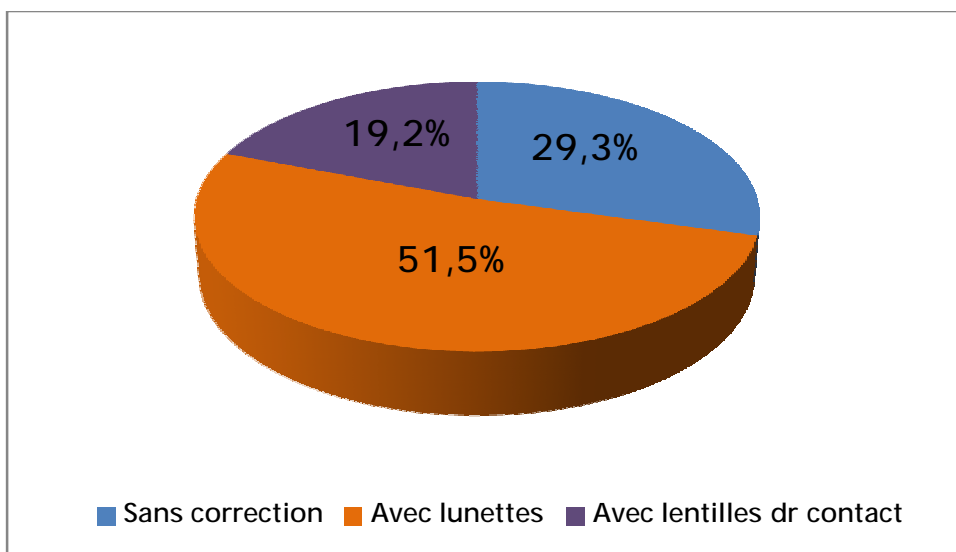
Graphique 4: Pathologies générales associées

#### 1.4 Antécédents familiaux de kératocône

L'analyse a retrouvé 12,4% de cas familiaux connus.

#### 1.5 Mode de correction au moment de la consultation d'adaptation en lentilles de contact

90 patients ne portaient aucune correction (soit 29,3%). 158 patients portaient des lunettes (soit 51,5%) et 59 patients étaient déjà porteurs de lentilles de contact (soit 19,2%).



Graphique 5: Mode de correction des patients

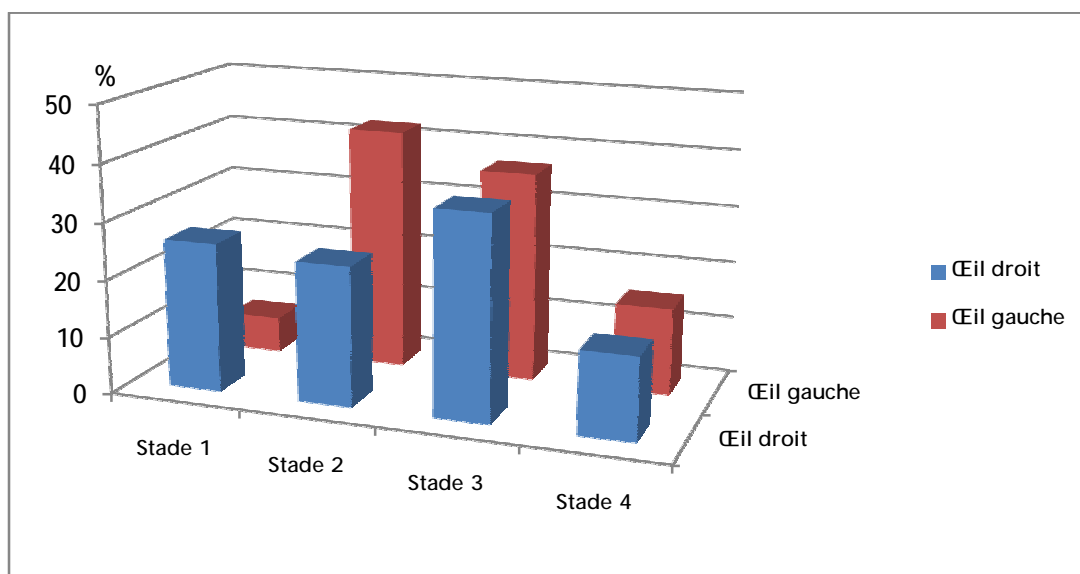
## 2-Caractéristiques cliniques des patients

Le kératocône était bilatéral chez 91,5% des patients.

Le tableau 1 et le graphique 6 présentent les effectifs et les pourcentages selon le stade du kératocône, œil par œil.

Tableau 1: Effectif et pourcentage de chaque stade du kératocône œil par œil

Stade du kératocône	OD		OG	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Stade 1	78	26%	18	6,2%
Stade 2	73	24,3%	122	42,2%
Stade 3	106	35,3%	105	36,6%
Stade 4	43	14,3%	44	15,2%

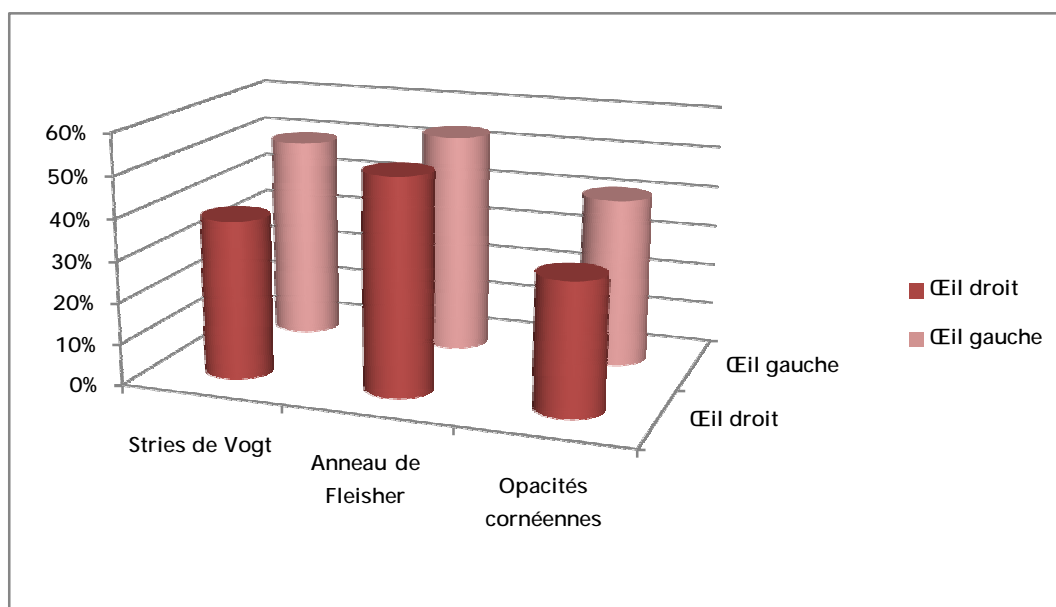


Graphique 6: Répartition des différents stades du kératocône au niveau de chaque œil.

Le tableau 2 et le graphique 7 objectivent la fréquence des anomalies cornéennes du kératocône œil par œil.

**Tableau 2:** Fréquence des anomalies cornéennes du kératocône œil par œil.

Clinique	OD		OG	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Stries de Vogt	115	38,3%	142	49,3%
Anneau de Fleischer	148	51,9%	155	53,4%
Opacités cornéennes	95	31,7%	118	40,8%

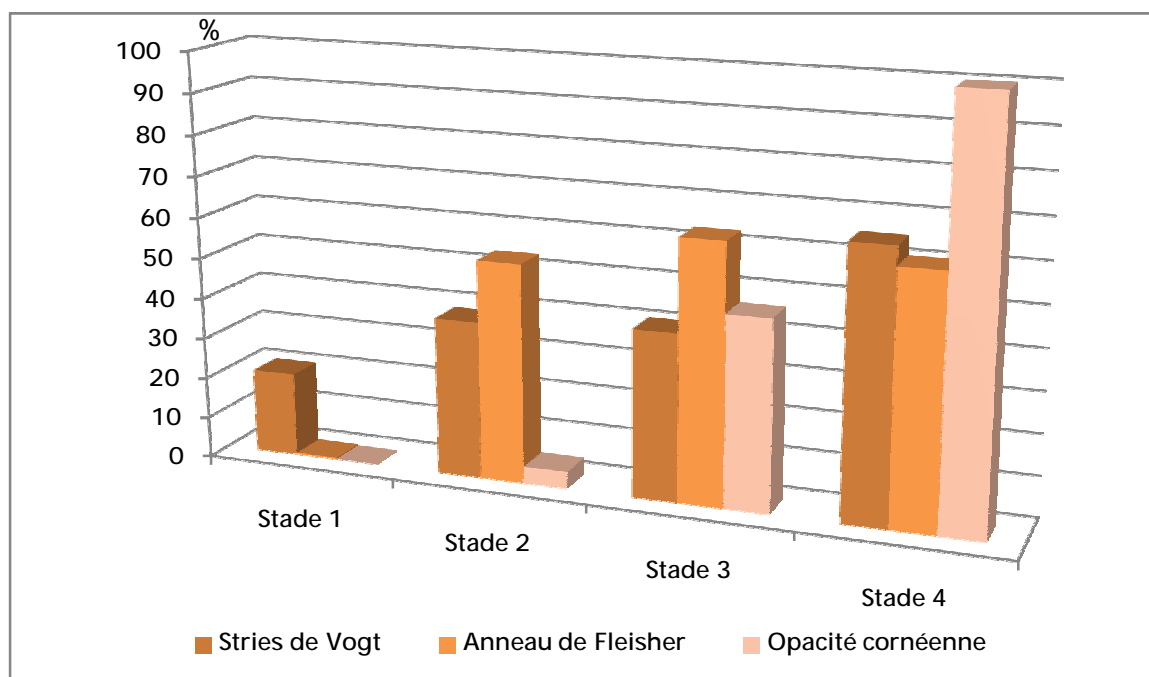


**Graphique 7 :** Fréquence des anomalies cornéennes au niveau de chaque œil.

Nous avons utilisé le test exact de Fisher pour vérifier s'il y avait un lien entre le stade du kératocône et les anomalies cornéennes observées dans cette maladie. On a constaté que le pourcentage des anomalies cornéennes augmentait avec l'évolution de l'affection avec un  $p$  très significatif ( $p < 0,001$ ). (Tableau 3 et graphique 8).

**Tableau 3:** Pourcentage des anomalies cornéennes en fonction du stade du kératocône (œil par œil).

Stade	Stries de Vogt		Anneau de Fleisher		Opacités cornéennes	
	OD	OG	OD	OG	OD	OG
1	20,5%	27,8%	32,5%	27,8%	0%	0%
2	38,4%	43,3%	53,4%	56,6%	4,1%	13,1%
3	40,6%	56,7%	63%	52,4%	46,2%	53,3%
4	65,1%	56,8%	60,5%	61,4%	100%	100%



**Graphique 8:** Répartition des anomalies cornéennes en fonction du stade du kératocône, au niveau de l'œil droit

### 3-Kératométrie et pachymétrie

Les moyennes des kératométries moyennes (en dioptries) et pachymétries (en  $\mu\text{m}$ ) sont représentées dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Moyenne des kératométries moyennes.

Kératométrie moyenne	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
OD	50,17	5,965	42	68
OG	51,8	5,237	42	68

Tableau 5 : Moyennes des pachymétries

Pachymétrie (en D)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
OD	428,90	60,304	310	310
OG	413,20	48,006	550	519

### 4-Type des LRPG utilisées

Dans cette étude, seules les lentilles rigides perméables au gaz à haut Dk ont été utilisées.

Le tableau 6 détaille les différentes géométries prescrites.

Tableau 6 : Différentes géométries prescrites.

Géométries utilisés	Nombre d'yeux	Pourcentage
Sphéro-asphérique	131	22,24%
Spécial kératocône sphériques multicourbes	302	51,27%
Rose K2	153	25,97%
Piggy-back	3	0,50%

Dans 32,85% des yeux, il s'agissait de lentilles de diamètre  $\leq$  à 9,60mm et dans 67,15 % des yeux des lentilles de diamètre  $>$  9,60mm.

94% des patients avaient un équipement bilatéral et 6% avaient un équipement unilatéral.

## II. Analyse des résultats visuels et de la tolérance des LRPG

### 1 - Résultats visuels

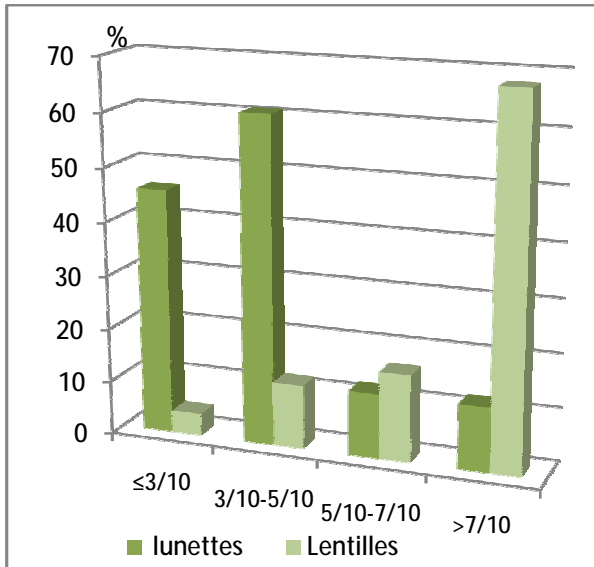
La comparaison des moyennes des meilleures acuités visuelles corrigées (MAVC) par lunettes initialement, et par LRPG (œil par œil) après adaptation, montre que l'acuité avec lentille était significativement meilleure que l'acuité avec verres de lunettes ( $p < 0,001$ ) (Tableau 7).

Tableau 7: Comparaison des moyennes de MAVC en décimal par lunettes et LRPG  
(œil par œil)

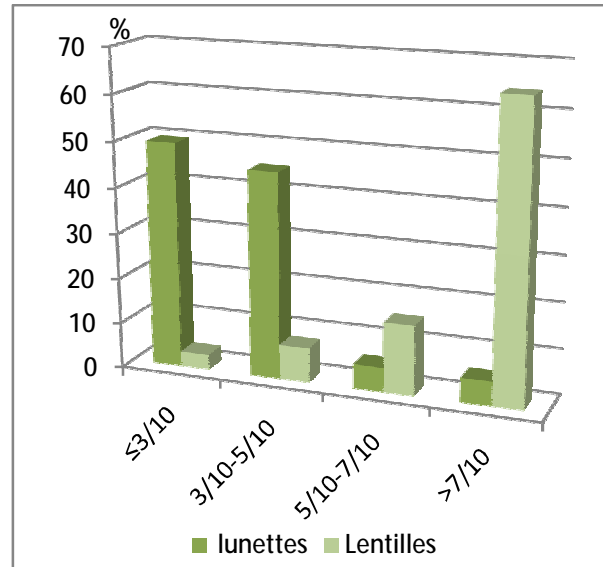
MAVC (en décimal)		Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
MAVC en lunettes	OD	3/10	2,265	1/10	8/10
	OG	2,50/10	1,817	1/10	7/10
MAVC en lentilles	OD	8,50/10	2,074	2/10	12/10
	OG	8,50/10	1,921	2/10	12/10

Parmi les 87 yeux qui présentaient le stade 4 de la maladie, 27,6 % ont été équipés en LRPG, à la demande des patients, en attendant une greffe de cornée.

Plus de 60% des yeux équipés en LRPG avaient une AV supérieure à 7/10 (67,8% à droite et 64,2% à gauche). (Graphiques 9 et 10)



Graphique 9



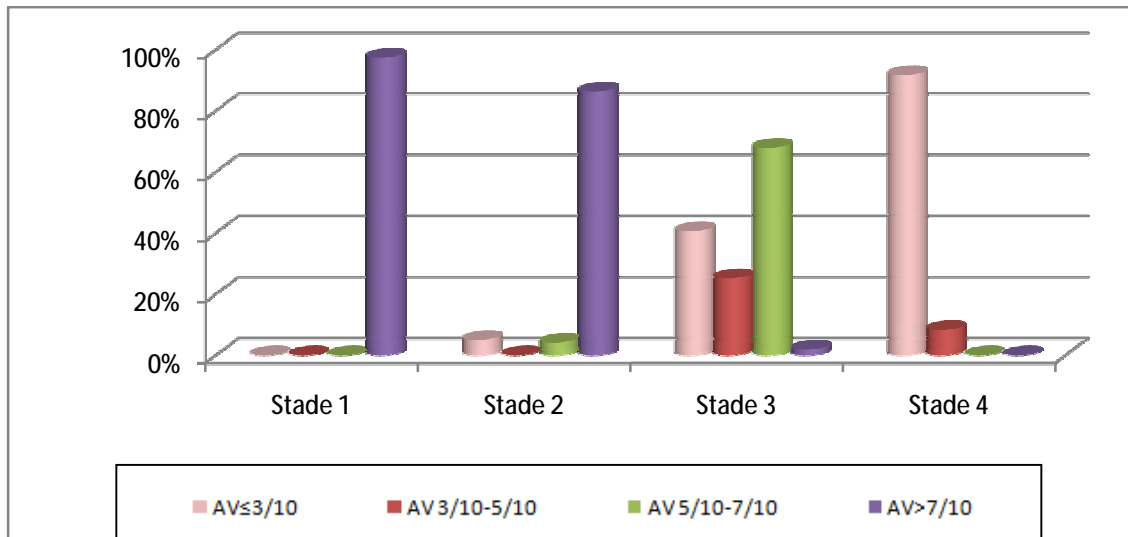
Graphique 10

Graphiques 9 et 10: Comparaison entre la MAVC avec lunettes et avec LRPG au niveau de l'œil droit (Graphique 9) et l'œil gauche (Graphique 10).

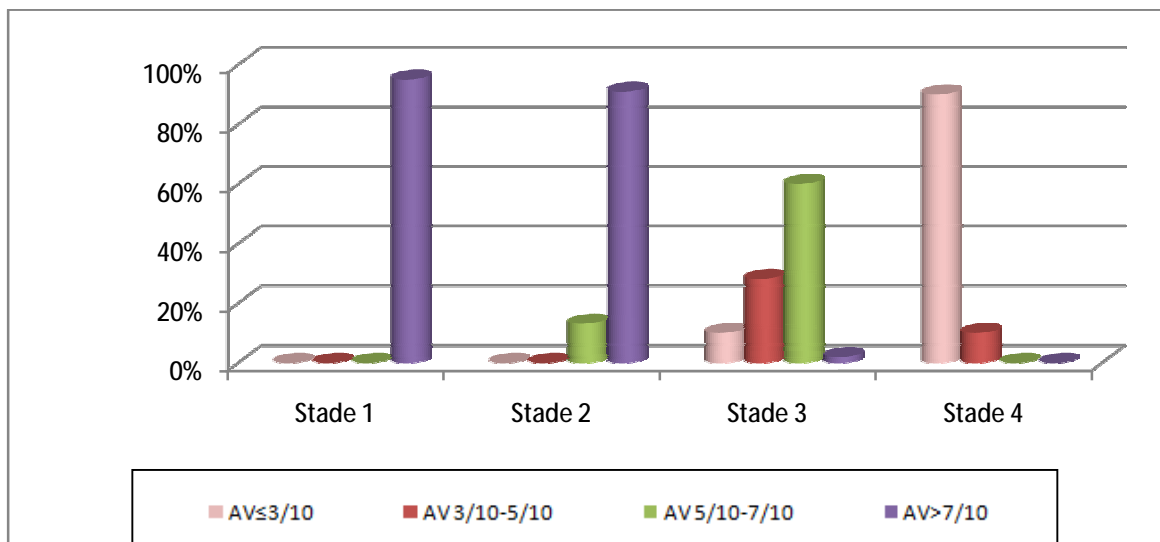
L'étude de la distribution de la MAVC en fonction du stade du kératocône a montré que, plus la maladie évolue, plus la MAVC diminue. Le p étant très significatif ( $p < 0,0001$ ) (Tableau 8 et graphique 10 et 11).

Tableau 8 : Distribution de l'AV en fonction du stade du kératocône

Stade	$\leq 3/10$		$3/10 - 5/10$		$5/10 - 7/10$		$>7/10$	
	OD	OG	OD	OG	OD	OG	OD	OG
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	97,4%	95%
2	5%	0%	0%	0%	4,1%	13,1%	86,3%	90,9%
3	40,6%	10%	25,2%	28,1%	67,9%	60%	1,9%	1,9%
4	91,7%	90%	8,3%	10%	0%	0%	0%	0%



Graphique 10 : MAVC en fonction du stade du kératocône (OD)



Graphique 11: MAVC en fonction du stade du kératocône (OG)

En utilisant le test de régression linéaire en analyse univariée et multivariée, nous avons étudié les facteurs influençant la MAVC avec LRPG.

#### Analyse univariée

L'analyse univariée a consisté à déterminer la relation entre la MAVC avec LRPG et différentes variables telles que, l'âge des patients, le stade du kératocône, la kératométrie moyenne, la pachymétrie, la MAVC avec lunettes et l'existence ou non d'opacités cornéennes. (Tableau 8)

Au terme de cette analyse univariée, on a constaté que :

- Il existe une relation négative statistiquement significative ( $p < 0,001$ ) entre la MAVC avec LRPG et les variables suivantes : le stade du kératocône la kératométrie moyenne et l'existence ou non d'opacités cornéennes. Plus ces paramètres augmentent, plus la MAVC diminue.
- Par ailleurs, il existe une relation statistiquement significative ( $p < 0,001$ ) entre la MAVC avec LRPG et les variables suivantes: la pachymétrie et la MAVC avec lunettes. Plus ces paramètres diminuent, plus la MAVC diminue.
- Il n'existe aucune relation statistiquement significative ( $p = 0,35$ ) entre la MAVC avec LRPG et l'âge des patients.

Tableau 8 : Résultats de l'analyse univariée.

Variables	B	IC 95%	p
Age	-0,014	(-0,01, 0,66)	0,35
Stade du kératocône			
OD	-1,8	(-1,95, -1,619)	<0,001
OG	-2,2	(-2,403, -1,987)	<0,001
Kératométrie moyenne			
OD	-2,326	(-2,706, -1,947)	<0,001
OG	-2,877	(-3,458, -2,296)	<0,001
MAVC par lunettes			
OD	0,63	(0,554, 0,714)	<0,001
OG	0,67	(0,60, 0,798)	<0,001
Pachymétrie			
OD	0,024	(0,021, 0,027)	<0,001
OG	0,026	(0,022, 0,030)	0,001
Opacités cornéennes			
OD	-2,23	(-2,904, -1,559)	<0,001
OG	-1,67	(-2,322, -1,022)	<0,001

B: coefficient de régression

IC : intervalle de confiance

En conclusion :

- Toute augmentation de la kératométrie moyenne d'une dioptrie, entrainerait une diminution de la MAVC avec LRPG de 2,50/10 en moyenne.
- Toute augmentation de la MAVC avec lunettes, conduirait à une augmentation de la MAVC avec LRPG de 0,65/10 en moyenne.
- Toute diminution de la pachymétrie d'un  $\mu\text{m}$ , entrainerait une diminution de la MAVC avec LRPG de 0,05/10 en moyenne.
- Toute évolution de la maladie d'un stade, aboutirait à une diminution de la MAVC avec LRPG de 2/10 en moyenne.
- Chez les patients qui ont des opacités cornéennes, la MAVC avec LRPG est plus basse de 4/10 en moyenne, que chez ceux qui n'ont pas d'opacité cornéenne.

### Analyse multivariée

Après ajustement sur l'ensemble des variables en analyse univariée, les variables liées significativement à la MAVC avec LRPG en analyse multivariée étaient le stade du kératocône, la pachymétrie, ainsi que l'existence ou non d'opacités cornéennes (Tableau9).

Tableau 9 : Résultats de l'analyse multivariée

Variables	B	IC 95%	p
<b>Stade du kératocône</b>			
OD	-1,92	(-2,437, -1,403)	<0,001
OG	-1,2	(-2,418, -1,403)	<0,001
<b>Pachymétrie</b>			
OD	0,005	(0,002, 0,009)	0,001
OG	0,006	(0,003, 0,010)	0,001
<b>Opacités cornéennes</b>			
OD	-0,47	(-1,87, -0,062)	<0,001
OG	-1,87	(-1,284, -0,467)	<0,001

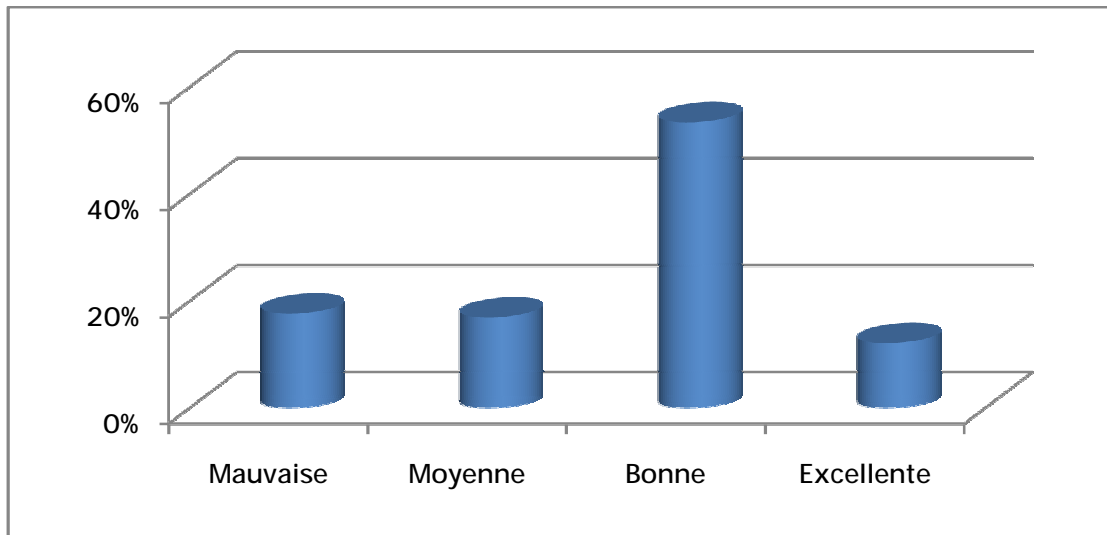
## 2-Evaluation de la tolérance et du confort de port des lentilles

Le temps moyen de port des lentilles étaient de  $12 \pm 1,783$  heures par jour (extrêmes de 8h et 16h), et  $7 \pm 2,451$  jours par semaines (extrêmes de 4 et 7 jours).

Un confort satisfaisant de port des lentilles de contact était retrouvé chez 82,4% des porteurs (Tableau 10 et Graphique).

Tableau 10 : Tolérance aux LRP

Tolérance	Effectif	Pourcentage
Mauvaise	54	17,6%
Moyenne	52	16,9%
Bonne	164	53,4%
Excellente	37	12,1%
Total	307	100%



Graphique 10 : Tolérance aux LRPG

Une mauvaise tolérance des lentilles de contact était notée chez 54 patients, (soit 17,6%). L'analyse du nombre moyen d'heures de port dans ce dernier groupe était d'environ 9 heures.

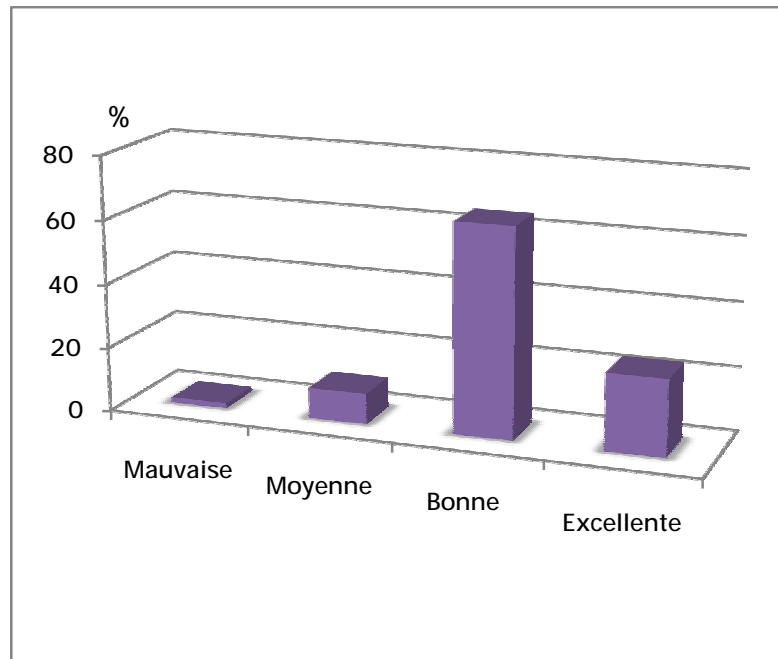
Les motifs évoqués par les patients dans ce groupe étaient :

- Une sensation de corps étrangers, de picotements et d'irritation chez 40% des patients de ce groupe.
- Une sensation de sécheresse chez 30% des cas.
- le frottement oculaire chez 20% des patients, très probablement du à la fréquence de problèmes atopiques associés.
- la difficulté de manipulation des lentilles dans 10% des cas.

Au final de l'étude 15% des patients avaient abandonné définitivement le port des lentilles de contact, en raison soit d'un inconfort soit de difficultés de manipulation.

Nous avons évalué subjectivement la qualité visuelle des patients porteurs de LRPG. Le graphique 11 en résume les résultats.

89% des patients ont affirmé avoir une bonne qualité de vision avec leur LRPG contre 2 % qui ont trouvé qu'elle était mauvaise.



Graphique 11: Qualité de vision des patients adaptés en LRPG

### 3-Complications

Le tableau 11 représente les différentes complications observées pendant notre étude.

Tableau11: Complications observées

Complications	Effectif	Pourcentage
Hyperhémie limbique	35	11,40%
Kératite ponctuée superficielle	66	21,5%
Erosion épithéliale	40	13%
Opacité cornéenne	38	12,8%
Syndrome de 3h – 9h	35	11,40%
Corps étranger sous la lentille	25	8%
Conjonctivite giganto- papillaire	60	20%
Abcès de cornée	2	0,65%
Détérioration des lentilles	65	21%

# DISCUSSION

## I. Caractéristiques descriptives des patients atteints de kératocône :

### 1- Age moyen des patients atteints de kératocône :

L'âge moyen des patients atteints de kératocône, au moment de leur adaptation LRP, dans notre étude était de  $22,35 \pm 7,41$ . Ce taux est plus bas par rapport aux données de la littérature (Tableau1).

Ceci peut être expliqué par le développement de la chirurgie réfractive ainsi que des nouvelles techniques de dépistage du kératocône fruste.

Plus de la moitié de notre série, environ 54,8 % patients, avaient entre 20 et 40 ans, ce qui rejoint les données de la littérature.

Tableau 1 : Tableau comparative de l'âge des patients selon les différentes études

Etude	Age moyen $\pm$ Ecart type	Pourcentage des patients ayant entre 20 et 40ans
CLEK (n = 1209)	39, 29 $\pm$ 10.90 ans	55,5%
SFOALC (n= 842)	35, 86 $\pm$ 11,79 ans	60%
Notre étude (n=307)	22,35 $\pm$ 7,41 ans	54,8 %

### 2- Prédominance du kératocône en fonction du sexe

Les données les plus récentes s'orientent vers une légère prédominance masculine de l'affection (Tableau 2). C'est le cas de notre étude où 54,4% hommes étaient atteints de la maladie contre 45,6 femmes.

Tableau 2 : Prédominance du kératocône en fonction du sexe

Etude	Prédominance masculine
CLEK study	55.9%
SFOALC	63,4 %
Nouvelle zélande	58,5%
Notre étude	54,4%

### 3- Pathologies associées

Tableau 3: Pathologies associées au kératocône selon les différentes études

Pathologie associée	SFOALC	Notre étude
Oculaire :		40%
-Conjonctivite allergique	20,9%	22%
-Frottement oculaire		14%
-Traumatisme oculaire		4%
Générale :		
-Allergie générale	34,6%	27%
-Trisomies 21		3,3%
-Autres : Pathologies	10,5%	6,5%
Cardiovasculaires et pulmonaires		
-Retard mental	5,5%	2,2%

### 4- Antécédents familiaux de kératocône

12,4% de cas familiaux de kératocône ont été retrouvés dans notre étude. Ces résultats concordent avec l'étude de la SFOALC [6], qui a retrouvé 11,9% de kératocônes familiaux. Le caractère génétique de la maladie est un élément récent motivant le développement actuel des recherches sur l'identification et les localisations des différents gènes.

## II. Caractéristiques cliniques des patients atteints de kératocône

L'examen biomicroscopique recherche les signes typiques de la maladie :

La saillie conique déforme la fente lumineuse et l'amincissement cornéen est maximal au sommet de cette déformation.

Des anomalies cornéennes peuvent être observées : Les stries de Vogt, l'anneau de Fleisher et les opacités cornéennes. Selon Barr [55], les facteurs influençant leur formation ne sont pas encore connus. Par ailleurs, leur fréquence est directement liée à l'importance de la protrusion du cône et donc au stade évolutif de la maladie qui est lui-même corrélé à la kératométrie moyenne (Km).

Le tableau 11 compare le pourcentage d'altérations cornéennes retrouvées dans notre étude et celle de Barr [55], en fonction du degré de sévérité de l'affection.

**Tableau11** : Comparaison entre le pourcentage d'altération cornéennes retrouvées

Stade du kératocône	Stries de Vogt			Anneau de Fleisher			Opacités cornéennes		
	Notre étude		Etude de Barr	Notre étude		Etude de Barr	Notre étude		Etude de Barr
	OD	OG		OD	OG		OD	OG	
Minime (< 45D)	20,7%	33,3%	21%	36,6%	33,3%	33,8%	5%	5%	9%
Modéré (45à55 D)	35%	43,7%	40%	51,6%	50,7%	53%	15%	15%	22%
Avancé (> 52D)	57,7%	59,5%	60%	66,3%	62,1%	67%	73,1%	76%	67%

Dans notre série et celle de Barr [55], en fonction du degré de sévérité du kératocône.

Les opacités cornéennes peuvent être superficielles ou profondes :

Les superficielles sont dans le stroma antérieur, elles correspondent à des ruptures de la couche de Bowman comblées par du tissu cicatriciel. Elles augmentent avec l'évolution de la maladie : Pour une dioptrie de bombement supplémentaire, le risque est de 28% [47]. Elles semblent plus fréquentes chez les porteurs de lentilles.

Les cicatrices profondes peuvent être considérées comme partie intégrante de la maladie et sont observées chez les patients n'ayant jamais portés de lentilles.

### III. Bénéfice visuel après adaptation en LRPG

A travers les résultats de notre étude, nous avons constaté que la moyenne de la MAVC avec lunettes n'était que 3/10 à droite et 2,50/10 à gauche.

Après adaptation des patients en LRPG cette moyenne était montée à 8,50/10 à droite et à gauche.

Notre étude a permis de détecter les facteurs déterminant de cette acuité visuelle. Ces facteurs étaient : le stade du kératocône, la pachymétrie, ainsi que l'existence ou non d'opacités cornéennes.

D'après l'étude de Shmidt [57], c'était la pachymétrie et la présence d'opacités qui influençaient l'acuité visuelle.

Ces opacités cornéennes, qui étaient d'après l'étude de Wagner [72], elles mêmes dépendantes du stade de la maladie et donc de la kératométrie moyenne.

Au final, il semblerait que tous ces facteurs influençant l'acuité visuelle sont intimement liés entre eux et corrélés à l'évolution de la maladie.

## IV. Tolérance aux lentilles de contact et confort visuel

L'évaluation du nombre d'heures de port d'une lentille chez un patient est un critère subjectif qui permet d'apprécier le confort de ce port.

Notre étude montre qu'il était de  $12 \pm 1,783$  heures par jour. Ceci rejoint les données de l'étude de la SFOALC [6] qui a trouvé un nombre de 12,51 heures de port.

Un confort satisfaisant de port des LRPG est retrouvé chez la grande majorité des porteurs de notre étude (82,4%).

Le tableau 12 compare entre les différentes études en termes de confort au LRPG.

Tableau 12: Comparaison de la tolérance aux LRPG entre les différentes études

Etude	Confort satisfaisant	confort insatisfaisant
SFOALC	72,8%	17,34%
CLEK study	82,66%	16,4%
Notre étude	82,4%	17,6%

La majorité des études ont lié l'inconfort aux LRPG aux problèmes de sécheresse oculaire et d'atopie associées à cette maladie [79].

Pour améliorer le confort, différentes solutions sont envisageables : Utiliser des lentilles de grand diamètre, équiper les patients en Piggy-Back, prescrire des agents mouillants et si nécessaire des antihistaminiques sans conservateurs en cas de conjonctivite allergique.

Certains auteurs rapportent même l'utilisation d'anxiolytiques et des traitements paramédicaux comme l'hypnose pour améliorer le confort des patients [81].

Bien que la MAVC avec LRPG chez les patients porteurs de kératocône puisse atteindre 10/10 dans les stades peu évolués, la qualité de leur vision reste limitée.

Ceci est dû aux aberrations d'ordre supérieur générées par la maladie [65]. Dans notre étude, seulement 12% ont affirmé avoir une qualité de vision mauvaise ou moyenne.

## V. Complications

Les complications rapportées dans la littérature sont :

- Les kératites ponctuée superficielles: Leur incidence est de 26,5% [52].
- Le syndrome de 3h-9h à une fréquence estimée entre 15% à 25%.
- Les complications allergiques : les conjonctivites giganto-papillaires, ainsi que les allergies aux produits d'entretien
- Les pertes de lentilles : considérées comme source de démotivation, soit lors des frottements oculaires, soit lors des manipulations.
- Les complications infectieuses sont très rares chez les porteurs de lentilles rigides et beaucoup plus rares chez les patients porteurs de kératocône. Dans notre série, 2 patients ont présenté un abcès de corné.

# CONCLUSION

Malgré les différentes innovations thérapeutiques récentes, les lentilles de contact rigides perméables au gaz sont la modalité de prise en charge de première ligne pour les patients porteurs d'un kératocône.

L'étude du rapport bénéfices / risques du port de ces lentilles, montre qu'il est tout à fait possible d'obtenir de bons résultats visuels avec une tolérance très satisfaisante et de bonnes conditions de sécurité, et ce à différentes étapes de l'évolution de la maladie :

- Kératocônes non opérés
- Après greffe de cornée
- Après cornéoplastie par anneaux cornéens
- Après cross-linking du collagène.

L'adaptation de ces cornées anormales n'est pas toujours facile. Elle nécessite une bonne connaissance des lentilles utilisées et une bonne analyse de l'image fluorescénique sous la lentille.

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'autre part de détecter d'éventuelles complications.

Beaucoup de patients considèrent cette maladie comme ayant un impact sur leur vie socioprofessionnelle et personnelle.

# RESUME

Le kératocône est une dystrophie cornéenne qui résulte d'un amincissement localisé, et d'une ectasie, d'évolution lentement progressive. Le plus souvent bilatéral, il menace le pronostic visuel par le risque de survenue d'opacités cornéennes.

Malgré les différentes innovations thérapeutiques récentes, les lentilles de contact rigides perméables au gaz sont la modalité de prise en charge de première ligne pour les patients porteurs d'un kératocône.

Les objectifs primaires dans l'adaptation du kératocône en lentilles de contact sont d'obtenir une 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.

Notre travail se propose d'étudier la place des lentilles de contact dans la prise en charge actuelle du kératocône. Et ce, à travers l'analyse des résultats visuels et de la tolérance des lentilles de contact chez 307 patients atteints de kératocône.

# Summary

Keratoconus is a corneal dystrophy resulting from a localized thinning and ectasia, with slowly progressive evolution. Most often bilateral, it threatens the visual prognosis by the risk of developing corneal opacity.

Despite several recent therapeutic innovations, rigid gas permeable contact lenses are the primary means of correction of keratoconus before surgical stage.

The primary objectives in the adaptation of keratoconus are getting a best visual acuity with less interference with corneal physiology. It is technically difficult adjustments as corneas are modified to adapt and irregular.

Our work aims are to study the role of contact lenses in the current management of keratoconus, through the analysis of visual outcomes and tolerance of contact lenses of 307 patients with keratoconus.

## ملخص

مرض القرنية المخروطية هو عبارة عن ضمور للقرنية ناجم عن ترققها وتقرعها. هذا المرض يتطور ببطء تدريجي و في معظم الأحيان يؤثر على كلتا العينين، مهدداً بذلك على المدى البعيد بخطر الإصابة عتامة القرنية.

على الرغم من العديد من الابتكارات العلاجية الأخيرة، تبقى العدسات اللاصقة الجامدة والمنفذة للغازات الوسيلة الأساسية لتصحيح القرنية المخروطية قبل مرحلة الجراحة. الأهداف الرئيسية من تجهيز القرنية المخروطية بالعدسات اللاصقة هو الحصول على أفضل رؤية مع أقل تأثير على وظائفها. هذه العملية صعبة من الناحية التقنية لأن القرنيات المجهزة غير منتظمة.

عملنا يهدف إلى دراسة المكانة الحالية للعدسات اللاصقة في رعاية المرضى المصابين بداء القرنية المخروطية و ذلك من خلال تحليل كل من النتائج البصرية وتقبل هاته العدسات لدى 307 مريض مصاب بهذا الداء.

# BIBLIOGRAPHIE

[1] Harquel J.

Le kératocône : Analyse des liens avec frottement oculaire, atopie et floppy eyelid syndrome, sommeil et recherche de facteurs de risque prédictifs. Thèse de doctorat de médecine. Faculté de Strasbourg. Année 2011. Numéro 118.

[2] El Mazouni Z.

Kératocône : Etude prospective à propos de 30 patients opérés.

Thèse de doctorat de médecine. Faculté de Rabat

Année 2006. Numéro 386.

[3] Compichi et Haye.

Le kératocône.

Rapport annuel de la société d'ophtalmologie de Paris 1962. Numéro spécial.

Numéro 4Bis.

[4] Moshirfar M., Edmonds J.N., Behunin N.L., Christiansen S.M.

Corneal biomechanics in iatrogenic ectasia and keratoconus: A review of the literature.

Oman J Ophthalmol. 2013 Jan; 6 (1):12-7

[5] Malet F.

Enquête de la Société Française des Ophtalmologistes Adaptateurs en lentilles de contact sur le kératocône.

Rapport SFO 2009 : Les lentilles de contact.

[6] Zadnik K, Barr JT and the Collaborative Longitudinal Evaluation of keratoconus (CLEK) Study Groupe.

Baseline Finding in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study.

IOVS December 1998; 39: 13.

[7] Lemosson C, Renard G.

Anatomie et histologie de l'œil.

Edition masson 1982 p. 102-103.

[8] Rocher N.

Anatomie et physiologie de l'œil humain.

Soins 2010 ;744: 30-1.

[9] Labbé A, Brignole-Baudouin F.

Méthodes d'évaluation de la surface oculaire dans les syndromes secs.

J Fr Ophtalmol 2007;30: 76-97.

[10] Riga D.

L'épithélium cornéen

Masson 1993, p8.

[11] Rigal D, Verneil, Paul C.

EMC Ophtalmologie 2005 ;2:114-115.

[12] Borderie V, Touzeau D, Bourcier T, Laroche L.

Physiologie de la cornée

EMC Ophtalmologie 2005;2:103-117.

[13] Saraux H, Biliais B.

Physiologie oculaire.

Edition Masson, Paris 1983 2<sup>ème</sup> édition p : 70-79.

[14] Arffa RC .

La cellule, principes moléculaires des structures et des fonctions cellulaires.

Flamarion, médecine-sciences, paris 1989.

[15] Thoft RA, Friend J

Corneal epithelial glucose utilization

Arch ophtalmol 1971; 85: 467- 472.

[16] L'épithélium cornéen

SFO et Masson édition 1993, p57.

[17] Arné J.-L.

EMC Ophtalmologie 2 (2005) p 104-105

[18] Gatinel D, Haouat M, Hoang-Xuan T.

Etude des paramètres permettant la description mathématique de l'asphéricité cornéenne.

J Fr Ophtalmol 2002; 25 : 81-90.

[19] Gatinel D, Malet J

Modélisation cornéenne : mathématiques du LASIK et des profils d'ablation.

Le LASIK, de la théorie à la pratique. Elsevier, Paris : 18-24.

[20] Carney LG.

Visual loss in keratoconus.

Archiv Ophtalmol 1982 ; 100: 1282-5.

[21] Les lentilles de contact. Rapport de la SFO 2009.

[22] Holden B, Mertz G.

Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended wear contact lenses

Invest Ophtalmol Vis Sci 1984; 25: 1161-7.

[23] Giasson C, Bonnano JA.

Corneal epithelial and aqueous humor acidification during in vivo contact lens wear in rabbits.

Invest Ophtalmol Vis Sci 1994, 35: 851-61.

[24] Harvitt DM, Bonanno JA.

Re-evaluation of the oxygen diffusion model for predicting minimum contact lens Dk/t values needed to avoid corneal anoxia.

Optom Vis Sci 1999; 76:712-19.

[25] Holden B, Mertz G

Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended contact lenses.

Invest Ophthalmol Vis Sci; 25:1161-7.

[26] Ghormley N.R.

Specific gravity-does it contribute to RPG lens adherence?

Int Contact Lens Clin 1991; 18 :125-6

[27] Philips AJ , Speedwell L.

Rigid gas-permeable corneal lens fitting

Contact lenses. 5<sup>th</sup> edition. Butterworth Heinmann Elsevier: 189-221.

[28] Bennett ES

Problem-solving with rigid gas permeable lenses.

Practical optometry 1991, 2: 9-14

[29] Bennett E.S., Levry B.

Material et selection

In: Bennett E.S., Henry V.A. Clinical manual of contact lenses. 2<sup>nd</sup> ed. Lippincott

Williams and Wilkins, Philadelphia; 3: 59-74

[30] Levitt A.P. Specific gravity and RPG lens performances

Contact lens spectrum 1996, 11: 43-5

[31] Tighe B.J

Contact lens materials

In: Contact lens. Philips, Speedwell (éd.). 4<sup>th</sup> ed. Butterworth-Heinemann, Oxford:

62-83.

[32] Gasson A, Morris J

Therapeutic fitting with hard and soft lenses

The contact lens manual, a practical fitting guide.

2<sup>nd</sup> ed. Butterworth-Heinemann, Oxford 1998; 31: 353-68

- [33] Benjamin W.J., Capelli Q.A  
Oxygen permeability (Dk) of thirty-seven rigid contact lens materials. *Optometry and vision science* 2002, 79:103-11
- [34] Fink B.A, Hill R.M, Carney L.G  
Rigid contact lens design equivalencies of overall diameter and axial edge lift: individual variations  
*Optom Vis Sci*, 1993, 70: 733-8
- [35] Edward K.A  
Review of rigid lens design  
*Contact Lens and Anterior Eye*.
- [36] Khan MD, Kundi N, Saeed N et al.  
Incidence of keratoconus in spring catarrh.  
*Br J Ophthalmol*,1988 ; 72 : 41-43.
- [37] Fick AE  
A contact-lens.  
*Arch Ophtalmol* 1988; 106: 1373-1377.
- [38] Kalt E  
keratoconus, and the contact lens.  
*Optom Vis Sci* 1989 ;66(9):643-6.
- [39] Amsler M.  
Kératocône classique et kératocône fruste:arguments unitaires. *Ophthalmologica*  
1946;111:96.
- [40] Arné JL.  
Kératocône.  
*EMC-Ophtalmologie 2* 2005. Pages: 252-263
- [41] Malet F, Salamon.  
Extrait du rapport de SFO ALC 2003.

[42] Owens H, Gamble GD, Bjornholdt MC, Boyce NK, Keung L.

Topographic indications of emerging keratoconus in teenage New Zealanders

Cornea. 2007 Apr; 26(3):312-8.

[43] Pouliquen Y.

Doyne lecture keratoconus.

Eye 1987; 1(1):1-14

[44] Rosalind J Harrison, Peter T Klouda

Association between keratoconus and atopy

Br J Ophtalmol 1989; 73: 816-822.

[45] Bourdiol M, Amalric P.

Le kératocône.

SNOF rev 30.11.2003. DR Anne

[46] Street DA, Vonikur ET.

Lack of association between keratoconus, mitral valve prolapse and joint hypermobility.

Ophtalmology 1991,98:170-6.

[47] Gass JD

The iron lines of the superficial cornea: Hudson-Stahle line, Stocker's and fleischer's ring

Arch Ophtalmol 1964, 71: 348

[48] Sugar J and Mascai MS.

What Causes Keratoconus?

Cornea 2012;31:716-719.

[49] Hartstein J, Becker B

Research into the pathogenesis of keratoconus. A new syndrome: low ocular rigidity, contact lenses, and keratoconus.

Arch Ophthalmol 1970; 84: 728-729.

[50] Rabinowitch Y.S

Keratoconus.

Surv Ophthalmol 1998; 42: 297-31.

[51] Donnetenfeld ED, Perry HD, Gibraltar RP.

Keratoconus associated with floppy eyelid syndrome

Ophthalmology 1991; 98 (11): 1674-8.

[52] Lhalainen A .

Clinical and epidemiological features of keratoconus: genetic and external factors in the pathogenesis of the disease.

Acta Ophthalmol 1986; 178 :1-64.

[53] Arné JL.

Examen clinique du kératocône.

Kératocône et lentille de contact. Malet F. ( d). Rapport de la société française des Ophthalmologistes Adaptateurs de Lentilles de Contact 2003. Lamy, Marseille.

[54] Bron AJ, Labascher DJ, Dixon WJ

Fibrillary lines of the cornea. A clinical sign in keratoconus.

Br J Ophthalmol 1975;59:136-40.

[55] Barr J.T, Wilson B.S, Gordon M.O et al. and the CLEK study group.

Estimation of the incidence and factors predictive of corneal scarring in the the collaborative longitudinal evaluation of keratoconus (CLEK) study

Cornea 2006; 25: 16-25.

[56] Zadnik K, Barr JT, Gordon MO et al. , CLEK study group Biomicroscopic signs and disease severity in keratoconus.

Cornea 1996 ; 15 : 139-146

[57] Schmitt P.T, Simonpoli S, Colin J.

Corrélations entre aspects cliniques des kératocônes et aspects topographiques évalués par Orbscan.

Thèse de doctorat de médecine. Faculté de Strasbourg

[58] Rabinowitz YS, Garbus JJ et al.

Contact lens selection for keratoconus using a computer-assisted videophotokeratoscope.

CLAO J 1991; 17: 88-93.

[59] Arn  J.-L.

Adaptation en lentilles du kératocône.

Kératocône et lentille de contact. Malet F. ( d). Rapport de la société française des Ophtalmologistes Adaptateurs de Lentilles de Contact 2003. Lamy, Marseille.

[60] N. Mespli 

D pistage aberrom trique du kératocône

Jr Fr Ophtalmol 2011, 34:547-556

[61] Touboul D, Robert C.J

Correlations between corneal hysteresis, intraocular pressure and corneal central pachymetry

J cataract Refract surgery, 34:616-22.

[62] Wilson S.E, Lin D.T.C, Klyce S.D et al.

Rigid contact lens decentration: a risk factor for a corneal warpage

CLAO J 1990, 16: 177-82.

[63] Efran N

Contact lens-induced changes in the anterior eye as observed in vivo with the confocal microscope

Prog Ret Eye Res, 26: 398-436

[64] Malet F, Touboul D, Colin J, Garra C, Delcourt C

Kératocône : La carte de vidéotopographie permet-elle prédire la lentille de contact adaptée ?

Congrès de la SFO 2011

[65] Maeda N, Fujikado T, Kuroda T et al

Wavefront aberrations measured with Hartmann-Shack sensor in patients with keratoconus

Ophthalmology 2002; 11: 1996-2003

[66] Carney L.G

Contact lens correction of visual loss in keratoconus.

Acta Ophthalmol 1982 a; 60: 795-802

[67] Malet F.

L'adaptation en lentilles des kératocônes en fonction de leur stade évolutif.

Rapport SFOALC 2003:191-215

[68] Bronstein L, Reynolds A.E

Keratoconus: Changes with contact lenses.

Contact Lens Forum 1989; 6: 13-23

[69] Zadnik K, Barr J.T., Dteger-May K

Comparaison of flat and steep rigid contact lens fitting methods in keratoconus.

Optom Vis Sci 2005; 82: 1014-21

[70] Bennet E.S, Barr J.T

Keratoconus

In Clinical manual of contact lenses. 2<sup>nd</sup> ed. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia 1999: 493-530

[71] Dana M.R, Putz J.L, Viana M.A. et al

Contact lens failure in keratoconus management.

Ophthalmology 1992; 99: 1187-92

[72] Wagner H, Barr J.T, Zadnik K

Collaborative longitudinal evaluation of keratoconus (CLEK) study: methods and findings to date

Contact Lens and Ant Eye 2007; 30: 223-32

[73] Daniels K

Special topics. In: Contact lenses.

Slack, Thorofar 1999: 141-56

[74] Tsubota K, Mashima Y, Murata H et al

A piggy-back contact lens for the correction of irregular astigmatism in keratoconus

Ophthalmology 1994; 101: 134-8

[75] Szczotka, Loretta B. OD, MS; Rabinowitz

Influence of Contact Lens Wear on the Corneal Topography of Keratoconus

[76] Fournier P, Couillet J, Moalic S

Kératoplastie lamellaire antérieure profonde dans le traitement chirurgical du kératocone. Recul de plus d'un an.

Journal français d'ophtalmologie, 2006 ; 29,6, 602-613

[77] Colin J, Simanpoli S

Kératocône: Options chirurgicales actuelles.

Journal français d'ophtalmologie 2005, 28, 2-205-217

[78] Fournié P, Galiacy S, Arné J L

Cross-linking du collagène cornéen induit par ultraviolet-A et riboflavin dans le traitement du kératocone évolutif.

Journal français d'ophtalmologie (2009) 32, 1-7

[79] Tatematsu-Ogawa Y, Yamada M, Kawashima Ma et al.

The disease burden of keratoconus in patients' lives: Comparaisons to a Japanese normative sample.

Eye and contact lens: Science and Clinical Practice 2008, 34: 13-6

[80] Fink BA. , Wagner H. et al and the CLEK study group

Differences in keratoconus as function of gender

Am J Ophtalmol 2005, 3:459-68

[81] Ruben M

The correction of irregular astigmatism with contact lenses.

Contact lens practice. M Ruben, M Guillon (éd.). Chapman and Hall, London 1994 :  
845-63