



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



Université Claude Bernard  Lyon 1

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA READAPTATION

Directeur Docteur Xavier PERROT

Impact de la lentille sclérale sur la topographie cornéenne dans le cadre du kératocône

MEMOIRE présenté pour l'obtention du

CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPTISTE

par

DECHANET Salomé
PESENTI Justine
SAUTREGBARGUES Laurane

Autorisation de reproduction

LYON, le 20 juin 2017

Professeur Ph. DENIS
Responsable de l'Enseignement
Mme C. CHAMBARD
Directrice des Etudes

N° 2017/03

Président
Pr Frédéric FLEURY

Vice-président CA
M. REVEL Didier

Vice-président CFVU
M. CHEVALIER Philippe

Vice-président CS
M. VALLEE Fabrice

Directeur Général des Services
Mme MARCHAND Dominique

Secteur Santé

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur
Pr. RODE Gilles

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. BOURGEOIS Denis

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Charles Mérieux
Directrice
Pr BURILLON Carole

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directrice
Pr VINCIGUERRA Christine

Département de Formation et
Centre de Recherche en Biologie
Humaine
Directeur
Pr SCHOTT Anne-Marie

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Dr Xavier PERROT

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CEM)
Pr COCHAT Pierre

Secteur Sciences et Technologies

U.F.R. Des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (S.T.A.P.S.)

Directeur

M. VANPOULLE Yannick

Institut des Sciences Financières et d'Assurance (I.S.F.A.)

Directeur

M. LEBOISNE Nicolas

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Directeur

M. MOUGNIOTTE Alain

UFR de Sciences et Technologies

Directeur

M. DE MARCHI Fabien

POLYTECH LYON

Directeur

Pr PERRIN Emmanuel

IUT LYON 1

Directeur

M. VITON Christophe

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon (ESCPE)

Directeur

M. PIGNAULT Gérard

Observatoire astronomique de Lyon

Directeur

Mme DANIEL Isabelle

Remerciements

A Monsieur le Professeur Philippe DENIS, directeur de l'école d'Orthoptie de Lyon. Nous le remercions pour ses connaissances enrichissantes transmises en cours ou en stage ainsi que pour son exigence qui nous ont permis de progresser tout au long de notre parcours.

A Madame Claudine CHAMBARD, notre directrice d'études, que nous remercions pour ses connaissances orthoptiques, sa pédagogie, sa bonne humeur, et son soutien durant ces trois années d'études.

Nos plus grands remerciements sont adressés au Dr Camille FEBVAY, notre maître de mémoire. Merci de nous avoir appris tant de choses sur le kératocône, la cornée et les lentilles sclérales, de nous avoir transmis ta passion pour cette pathologie. Merci pour ta confiance, ton aide précieuse à la réalisation de ce mémoire, ta disponibilité, ta bonne humeur et ton soutien tout au long de cette année. C'est un vrai plaisir de travailler à tes côtés.

A Mme Estelle LAGEDAMONT et M. Brice GOUTAGNY, professeurs, pour leurs connaissances et conseils qu'ils nous ont transmis.

A Mme Delphine MAULCORT BOULCHE, statisticienne, pour son aide précieuse.

Aux orthoptistes du service Ophtalmologie de l'Hôpital Edouard Herriot, Karen, Delphine, Pascale, Caroline, Sylvie que nous remercions pour leur soutien, leur disponibilité, et particulièrement Soumeya MOKHTARI pour son aide sur les consultations kératocône, le recrutement des patients et les connaissances qu'elle nous a transmises.

A Fabienne pour sa disponibilité, son aide et sa joie de vivre, à Fatima pour son amabilité et son accès à la photocopieuse et à toutes les autres secrétaires du service.

Nous remercions également tout le personnel aide-soignant et les infirmières du service pour nous avoir accueillies chaleureusement et pour leur aide dans la recherche des dossiers.

Nous remercions également les étudiants de l'école d'Orthoptie pour avoir accepté de participer à notre étude.

A nos familles et amis respectifs, pour le soutien et encouragements cette année, mais également depuis le début de notre cursus en orthoptie.

Enfin, nous nous remercions mutuellement : pour tous ses bons moments passés ensemble... Un vrai trio de choc !

Table des matières

I.	Anatomie et physiologie cornéenne	13
1.	Généralités et anatomie macroscopique	13
2.	Histologie fonctionnelle	15
a)	Film lacrymal	16
b)	Epithélium cornéen	16
c)	Membrane de Bowman.....	17
d)	Stroma cornéen.....	17
e)	Membrane de Descemet.....	18
f)	Endothélium cornéen.....	18
g)	Couche de DUA.....	19
II.	Le kératocône	20
1.	Généralités	20
a)	Définition.....	20
b)	Epidémiologie.....	20
c)	Etiologies et facteur de risques	21
d)	Physiopathologie	22
e)	Histologie et anatomie pathologique.....	23
2.	Le diagnostic.....	23
a)	Caractéristiques cliniques du kératocône	24
b)	Caractéristiques pachymétriques du kératocône	25
c)	Caractéristiques topographiques du kératocône.....	25
d)	Caractéristiques aberrométriques du kératocône	28
3.	Classification du kératocône	28
III.	La prise en charge du kératocône	31
1.	Amélioration de l'acuité visuelle	31
a)	Lunettes.....	31
b)	Lentilles rigides perméables à l'oxygène (LRPG).....	31
c)	Les lentilles sclérales (SPOT).....	32
d)	Les autres types de lentilles	34
e)	Les implants toriques	35
f)	Les anneaux intra-cornéens	35
g)	Les greffes.....	36

2. La stabilisation du kératocône : Le cross-linking.....	37
a) Le mécanisme d'action.....	37
b) Les effets du traitement.....	38

Matériel et méthode

Résultats

Discussion

Conclusion

Annexe

Liste des figures

Figure 1. Clichés de face d'une cornée humaine et des structures de voisinage. Noter le diamètre cornéen horizontal qui est légèrement plus grand que le diamètre cornéen vertical chez l'homme. (Photographie : Hôpital de la Croix-Rousse, Lyon)

Figure 2. Représentation de profil d'une cornée humaine physiologique. Noter la convexité antérieure de la cornée. (Photographie : Hôpital de la Croix-Rousse, Lyon)

Figure 3. Schéma représentant les différentes couches constituant la cornée humaine (Schéma : Salomé Dechanet)

Figure 4. Clichés d'imagerie OCT Visante permettant de mesurer une pachymétrie cornéenne centrale. a) imagerie cornéenne avec pachymétrie physiologique. Cliché : Dr P. Loriaut) b) imagerie cornéenne avec pachymétrie pathologique : noter l'amincissement cornéen paracentral important dans le cadre d'un kératocône. (Cliché : Dr O. Sandali). Le stroma est aminci et l'épithélium épaissi en regard.

Figure 5. Classification de Rabinowitz

Figure 6. Imagerie de topographie cornéenne avec les mesures détaillées et les cartes réfractives sur Oculus Pentacam (Cliché : Hôpital Edouard Herriot)

Figure 7. Imagerie de topographie cornéenne montrant un astigmatisme régulier physiologique (OD : œil droit) et un astigmatisme régulier pathologique dans le cadre d'un kératocône évolué (OS : œil gauche) (Cliché : Hôpital Edouard Herriot)

Figure 8. Différents types d'aberrations optiques (Schéma: All about vision)

Figure 9. Classification des stades du kératocône par l'imagerie OCT Visante (23).

Figure 10. Lentille sclérale SPOT adaptée sur un œil atteint de kératocône et schéma montrant l'absence de contact entre la lentille sclérale et la surface cornéenne (Cliché : hôpital Edouard Herriot, Lyon)

Figure 11. Kératoplastie transfixiante avec surjet intra-cornéen (cliché : hôpital Edouard Herriot)

Figure 12- 1. Cliché d'un œil sain. 2. Cliché d'un œil atteint de kératocône. 3. Cliché d'un œil avec une lentille type LRPG. 4. Cliché d'un œil avec une lentille type SPOT (source : <https://clinicalimmersion.uic.edu/blog-2016/raahil-kajani/>)

Figure 13- Image de Pentacam où sont entourées les différentes données utilisées dans notre étude

Figure 14- Variation topographique du Kmax de chaque groupe entre les deux mesures

Figure 15. Signe de Munson. Cliché réalisé à l'hôpital Edouard Herriot

Figure 16. Stries de Vogt. Cliché réalisés à l'hôpital Edouard Herriot

Figure 17. Signe de bombement. Cliché réalisé à l'hôpital Edouard Herriot

Figure 18- Consentement à signer par les patients participant à l'étude

Liste des tableaux

Tableau 1 - Caractéristiques épidémiologiques des patients

Tableau 2 - moyenne des Kmax de chaque groupe lors de la première série de mesures.

Tableau 3 - moyenne des Kmax de chaque groupe lors de la deuxième série de mesures.

Tableau 4 - Référenciel des patients

Tableau 5 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, première série de mesures

Tableau 6 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, deuxième série de mesures

Tableau 7 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, deuxième série de mesures

Tableau 8 - Recueil des topographies : consultation avec ablation de la lentille 72 heures avant si port de lentille, première série de mesures

Tableau 9 - Recueil des topographies : consultation avec ablation de la lentille 72 heures avant si port de lentille, deuxième série de mesures

Tableau 10 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, troisième série de mesures

Introduction

La cornée est le premier tissu rencontré par les rayons lumineux arrivant jusqu'à la rétine et permettant la vision : elle représente ainsi le hublot de l'œil. Ce tissu se doit de posséder une parfaite transparence ainsi que des propriétés biomécaniques et réfractives complexes. La cornée peut parfois présenter des opacifications ou des déformations de nature traumatique ou pathologique comme le kératocône.

Le kératocône est une pathologie cornéenne dégénérative touchant principalement les personnes entre 15 et 35 ans. La cornée se déforme et s'amincit progressivement, particulièrement à l'apex, lui conférant un aspect caractéristique de cône vers l'avant. Cette pathologie peut être à l'origine de troubles visuels importants secondaires aux déformations de l'architecture cornéenne, entraînant un astigmatisme irrégulier d'aggravation progressive. Les étiologies du kératocône sont diverses ; l'hérédité semble être un facteur important, mais cette pathologie peut également survenir en cas de frottements oculaires importants ou dans le cadre d'un terrain atopique. Le kératocône peut être également associé à divers syndromes extra-oculaires (1).

Il existe différentes options thérapeutiques, allant des dispositifs médicaux réfractifs simples (lunettes et lentilles) aux méthodes chirurgicales (2–4). Toutes ces techniques peuvent permettre de stabiliser ou d'améliorer l'acuité visuelle des patients présentant un kératocône. Les lentilles rigides perméables à l'oxygène (**LRPG**, « G » : pour **g**az comme l'oxygène) constituent une méthode relativement simple permettant une meilleure correction visuelle que les lunettes ; cependant, la mauvaise tolérance parfois observée, liée au contact direct avec la surface cornéenne déformée, peut nécessiter d'autres moyens thérapeutiques (5).

Afin d'améliorer la qualité de vie et de vision de ces patients, un autre type de lentilles a été mis au point depuis bientôt 30 ans, mais l'adaptation initiale plus fastidieuse représente encore un facteur limitant leur utilisation ainsi que la restriction des indications retenues par le Haute Autorité de Santé (HAS) : les lentilles sclérales. Ces lentilles à appui scléral, autour du limbe, sont plus confortables en raison de l'absence de contact direct avec la surface cornéenne (6). Elles possèdent un réservoir liquidien pré-cornéen permettant d'assurer une bonne hydratation et une bonne oxygénation de la cornée. Elles empêchent également les frottements palpébraux sur la surface oculaire, tout en la protégeant des agressions extérieures. Seules les lentilles sclérales type **SPOT** (**S**cléral **P**erméable à l'**O**xygène de **T**honon-les-Bains) sont remboursées par la Sécurité Sociale.

Classiquement et en première intention, l'adaptation en lentilles dans le cadre d'un kératocône est réalisée avec les lentilles LRPG. Ces lentilles entraînent cependant une déformation fréquente de la surface cornéenne, qui peut être objectivée par les examens de topographie cornéenne. Afin d'obtenir des mesures fiables et reproductibles, cela nécessite l'ablation des lentilles LRPG par les patients au moins 72 heures avant de réaliser les examens de suivi du kératocône par un ophtalmologiste.

La problématique qui se pose est de savoir si les lentilles sclérales SPOT ont, à l'instar des lentilles rigides classiques, un impact sur les mesures de topographie cornéenne dans le cadre du suivi des kératocônes. Nous pouvons également nous poser la question des effets de ce type de lentilles sur la biomécanique cornéenne.

L'objectif principal de notre travail est donc d'étudier et d'analyser l'effet des lentilles sclérales SPOT sur la topographie cornéenne chez les patients atteints de kératocône. Par conséquent, cela nous permettra de savoir s'il est nécessaire de retirer systématiquement les lentilles sclérales 72 heures avant un examen, ou si le patient peut les conserver ce qui n'impacterait pas son confort visuel pendant ce laps de temps de 3 jours.

Partie théorique

I. Anatomie et physiologie cornéenne

1. Généralités et anatomie macroscopique

La cornée est un tissu transparent formant une barrière entre les structures internes de l'œil et l'extérieur. Elle constitue un prolongement de la sclérotique. La jonction anatomique entre ce tissu et la sclérotique est représentée par une zone que l'on appelle le limbe scléro-cornéen.

La cornée n'est pas réellement arrondie et apparaît plutôt sous une forme ellipsoïde mesurant environ 12mm de diamètre horizontal et 11mm de diamètre vertical (**Figure 1**). Elle a une épaisseur qui peut être variable entre les individus, et en fonction du secteur, selon si la mesure pachymétrique est réalisée en périphérie ou au centre ; l'épaisseur moyenne de la cornée est d'environ $530\mu\text{m} \pm 30\mu\text{m}$ au centre (dans la population caucasienne, elle est légèrement plus fine dans la population d'Afrique du nord) et peut atteindre une épaisseur d'environ $800\mu\text{m}$ en périphérie proche du limbe (7).

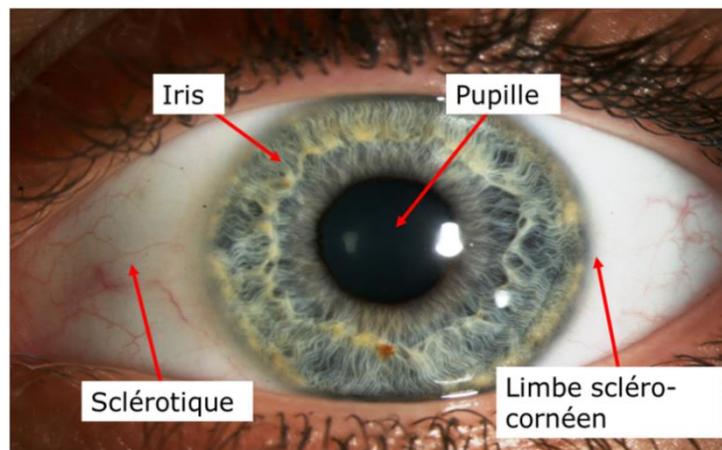


Figure 15. Clichés de face d'une cornée humaine et des structures de voisinage. Noter le diamètre cornéen horizontal qui est légèrement plus grand que le diamètre cornéen vertical chez l'homme. (Photographie : Hôpital de la Croix-Rousse, Lyon)

La cornée étant une structure de forme ellipsoïde, bombée et convexe en avant, on définit un rayon de courbure qui correspond au degré d'incurvation de ce tissu.

Le rayon de courbure central moyen est de 7,8mm pour la face antérieure et de 6,6mm pour la face postérieure. Plus ce rayon de courbure est petit, et plus la cornée est bombée.

Cela peut être physiologique avec l'existence d'une courbure responsable d'un astigmatisme dit régulier, mais si cette courbure est trop importante cela peut aussi être le signe d'une atteinte cornéenne pathologique (astigmatisme irrégulier), la déformant comme lors d'un kératocône. Le tissu cornéen s'épaissit en périphérie et vers le limbe scléro-cornéen, ce qui lui confère une forme asphérique. (Figure 2).

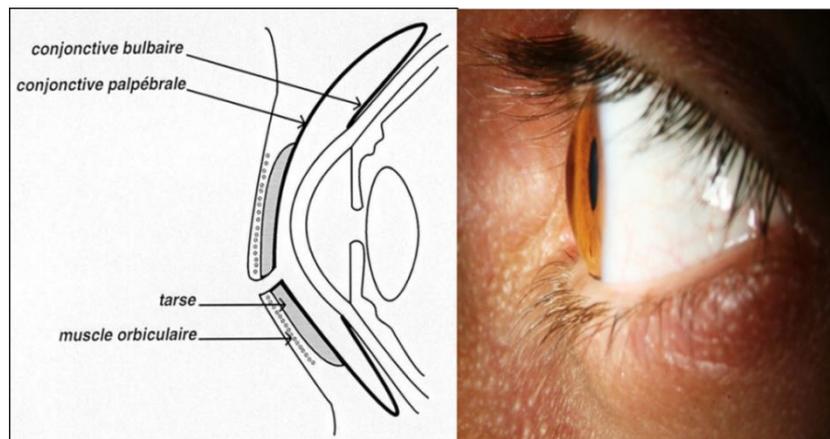


Figure 16. Représentation de profil d'une cornée humaine physiologique. Noter la convexité antérieure de la cornée. (Photographie : Hôpital de la Croix-Rousse, Lyon)

La cornée est en rapport en avant, avec le film lacrymal et la face conjonctivale postérieure de la paupière (conjonctive palpébrale), et en arrière avec l'humeur aqueuse qui baigne et nourrit la chambre antérieure de l'œil.

La cornée est un tissu avasculaire, ce qui lui permet de conserver sa transparence, et l'apport d'oxygène et de nutriments est réalisé uniquement par imbibition grâce aux tissus et éléments de voisinage. C'est cependant un tissu richement innervé (le plus innervé des tissus périphériques). Deux types de nerfs la parcourent, d'une part les nerfs ciliaires provenant de la branche ophtalmologique du nerf trijumeau, et d'autre part une innervation sympathique venant du ganglion cervical supérieur (8).

Fonctions de la cornée :

La cornée est un tissu étonnant : propriétés optiques, de transparence et de résistance.

Rôle optique : la cornée est le premier dioptré rencontré par les rayons lumineux, permettant de les faire converger vers la rétine. Ce tissu possède un pouvoir optique considérable : il compose les 2/3 du pouvoir réfractif de l'œil, avec une puissance de 43 dioptries environ.

Les différentes propriétés optiques de la cornée sont :

- **La transmission de la lumière** : longueurs d'ondes comprises entre 300 et 2500nm
- **La diffusion** : il existe une faible diffusion de la lumière grâce aux fibres de collagène régulièrement disposées qui permettent de conserver une direction incidente.
- **La réflexion** : liée à la régularité de l'épithélium et à la présence d'un film lacrymal sain.
- **La réfraction** : c'est une lentille convergente possédant une puissance de 42 dioptries.

Rôle mécanique : la cornée possède un rôle mécanique important, celle-ci permettant le maintien de l'architecture du globe oculaire de par son élasticité, tout en étant suffisamment résistante pour ne pas se déformer sous la pression intra-oculaire exercée par l'humeur aqueuse.

Rôle de transparence : celle-ci est liée en partie à son absence de vascularisation, ainsi qu'à la disposition régulière et parallèle des fibres de collagène, son principal constituant. De plus, la balance de l'hydratation constante par les différentes couches cornéennes, jouant chacune un rôle différent, permet de conserver cette transparence.

2. Histologie fonctionnelle

La cornée est composée de 5 couches possédant chacune une composition et un rôle différents (**Figure 3**) (9).

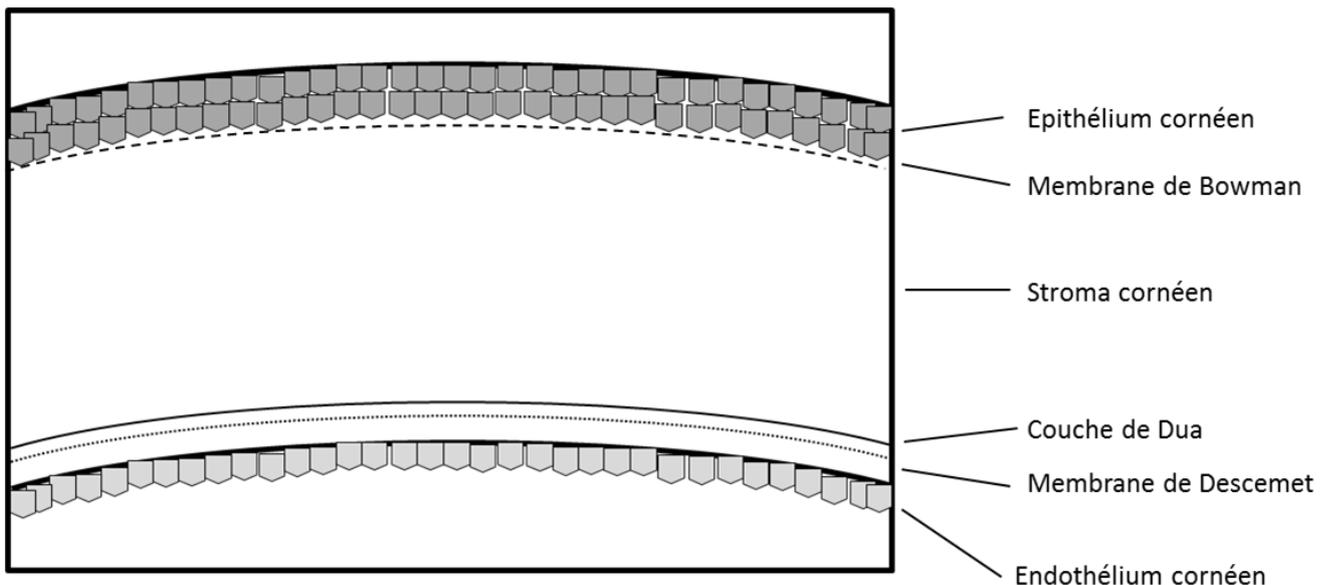


Figure 17. Schéma représentant les différentes couches constituant la cornée humaine (Schéma : Salomé Dechanet)

a) Film lacrymal

Le film lacrymal recouvre la cornée dans sa globalité et forme une barrière de protection entre la cornée et la face postérieure des paupières supérieures et inférieures au niveau de la conjonctive palpébrale.

Le volume du film lacrymal moyen est compris entre 7 et 9 μ L, avec un débit de sécrétion moyen d'environ 1,5 μ L/min. Son épaisseur est controversée et varie selon les auteurs de 7 à 40 μ m (10).

Il est composé de trois parties ou plus communément appelées des phases : une phase lipidique, sécrétée par les glandes de Meibomius situées sur le bord libre des paupières (environ 20 glandes par paupière) et empêchant son évaporation, une phase aqueuse, sécrétée par la glande lacrymale principale, et une phase mucineuse, sécrétée par les cellules à mucus conjonctivales permettant l'adhésion du film lacrymal à l'épithélium cornéen.

Fonctions du film lacrymal :

Le film lacrymal possède un rôle dans l'hydratation cornéenne et de la totalité de la surface oculaire. Cela permet aussi de respecter la transparence cornéenne.

Il joue également un rôle de barrière en éliminant les corps étrangers pouvant se déposer à la surface de la cornée. Le film lacrymal aurait également des propriétés antifongiques et antibactériennes conférant une défense naturelle à la surface oculaire contre les agressions extérieures. Il joue un rôle majeur quant à la réfraction, puisqu'il recouvre la cornée en avant, et c'est en réalité l'interface air-film lacrymal qui constitue le plus grand dioptre de l'œil (indice de réfraction de la cornée et du film lacrymal très proche). C'est ainsi qu'un patient ayant une altération du film lacrymal aura une vision floue voire une baisse de l'acuité visuelle.

b) Epithélium cornéen

L'épithélium cornéen a une épaisseur de 50 μ m et représente environ 10% de l'épaisseur cornéenne. C'est une couche pavimenteuse multi stratifiée associée à du collagène de type IV et des protéoglycanes (11,12).

Il est composé de 3 couches :

- La *couche basale*, qui provient des cellules souches épithéliales limbiques. Celle-ci sépare la membrane de Bowman de la couche intermédiaire.
- La *couche intermédiaire* composée de cellules polyédriques

- La *couche superficielle*, composée de cellules fines, est coiffée de microvillosités assurant une surface d'échange avec le film lacrymal.

L'épithélium cornéen se renouvelle de manière physiologique en 7 jours, grâce aux cellules souches épithéliales limbiques. En cas d'ulcération, la capacité de renouvellement augmente fortement, ce qui permet une cicatrisation rapide.

Fonctions de l'épithélium cornéen :

Sa composition, pauvre en organite, permet de respecter la transparence cornéenne.

L'épithélium diminue l'absorption des larmes, ce qui joue un rôle, quoi que minime, dans la déturgescence cornéenne.

L'épithélium, étant la couche de jonction entre la cornée et le film lacrymal, exerce un rôle de barrière. En effet il est perméable aux substances liposolubles, tout en étant imperméable aux substances hydrosolubles. Il participe donc aussi à la nutrition de la cornée.

c) Membrane de Bowman

La membrane de Bowman a une épaisseur d'environ 10µm. Elle représente davantage une couche de transition entre l'épithélium cornéen et le stroma qu'une franche et nette structure individualisable. Celle-ci est acellulaire et constituée uniquement de fibres de collagène flottant dans la substance fondamentale.

La membrane de Bowman est donc incapable de se renouveler, de par son absence de cellules, ce qui implique qu'une lésion de cette couche sera définitive et entrainera des cicatrices sous la forme d'opacités cornéennes séquellaires (11).

Fonctions de la membrane de Bowman :

La fonction précise de la membrane de Bowman est, à l'heure actuelle, encore incertaine.

En effet sa disparition ne semble pas induire de dysfonctionnement (7).

d) Stroma cornéen

Le stroma cornéen a une épaisseur d'environ 500µm, représentant presque 90% de l'épaisseur totale cornéenne. Cette couche est composée d'une matrice extracellulaire comprenant des lamelles de collagène de type I (90%), IV et V ainsi que des kératocytes, responsables de la transmission de la lumière au sein de la substance fondamentale et quelques fibres nerveuses.

L'architecture du stroma cornéen est caractéristique, les lamelles de collagène les plus superficielles sont courtes et se croisent, tandis que les lamelles postérieures sont plus longues et plus épaisses. Toutes les fibres sont reliées entre elles et forment un réseau entrelacé comme un grillage (7,11).

Fonctions du stroma cornéen :

Le stroma a un rôle important dans la transparence cornéenne de par la régularité du diamètre et de l'espacement des fibres de collagènes entre elles, assuré par la substance fondamentale. Celles-ci sont empilées parallèlement à la surface oculaire. De plus, cette couche est pauvre en cellules, ce qui lui permet de conserver cette transparence et d'éviter les déviations de rayons lumineux entrant au contact de cellules.

L'aspect architectural du stroma ainsi que son épaisseur, lui confère une rigidité biomécanique importante, maintenant la forme ellipsoïdale de la cornée et résistant aux déformations.

e) Membrane de Descemet

La membrane de Descemet a une épaisseur d'environ 10 μ m. Celle-ci est une membrane basale séparant l'endothélium cornéen du stroma. Cette membrane cornéenne est composée de deux couches : une couche embryonnaire, restant constante composée de fibres de collagène de type V et VI baignant dans une matrice glycoprotéique, et une couche s'épaississant durant toute la durée de la vie, sécrétée par les cellules endothéliales, composé de collagène de type IV. Elle est de 5 μ m environ chez les enfants et peut aller jusqu'à 15 μ m après l'âge de 60ans (7,8).

Fonctions de la membrane de Descemet :

Cette couche cornéenne joue un rôle très important dans l'élasticité de la cornée ainsi que dans sa solidité, elle permet le maintien du globe et est résistante à l'action d'enzymes.

f) Endothélium cornéen

L'endothélium cornéen a une épaisseur d'environ 5 μ m. C'est une couche unicellulaire composée essentiellement de cellules plates, hexagonales et régulières, reliées par des jonctions lâches de type « gap junctions » et des jonctions étroites appelées aussi « tight junctions », sont au contact de l'humeur aqueuse.

Les cellules de l'endothélium cornéen sont incapables de se diviser in vivo, la densité cellulaire est définie à la naissance et baisse au cours de la vie, avec une densité plus importante en

périphérie qu'au centre. Elle est environ de 4000 cellules/mm² chez l'adulte de 20 ans et 1500 cellules/mm² après l'âge de 80 ans. En cas de traumatisme localisé, les cellules étant incapables de se diviser, une sorte de « cratère » se constitue ; les cellules endothéliales viables de voisinage s'élargissent de façon réactionnelle pour combler l'espace vide, c'est ce que l'on appelle le polymégatisme, et elles perdent leurs formes hexagonales, c'est le phénomène de pléiomorphisme. Quand le nombre de cellules devient alors inférieur à un certain seuil, il y a une perte de transparence cornéenne par augmentation de l'hydratation cornéenne liée à la perte du rôle de déturgescence (7,8).

Fonctions de l'endothélium cornéen :

Le rôle principal de l'endothélium est de pomper l'eau en excès dans le stroma pour l'envoyer vers l'humeur aqueuse afin de conserver une hydratation constante optimisant le passage des rayons lumineux. C'est le phénomène de déturgescence cornéenne.

De plus l'endothélium a un rôle nourricier de la cornée en facilitant l'apport en glucose à la cornée à partir de l'humeur aqueuse par la voie trans-endothéliale.

g) Couche de DUA

Cette couche, encore controversée, a récemment été identifiée par le Pr Harminder Dua. Elle se situerait entre le stroma et la membrane de Descemet et aurait un intérêt dans les greffes lamellaires antérieures profondes de la cornée pour la formation de la « big bubble » (dissection du stroma de la membrane endothélio-descémétique). La couche de Dua, avec une épaisseur d'environ 10µm, serait acellulaire et composée essentiellement de collagène. Cette couche semble être, comme la membrane de Bowman, plus une zone de transition qu'une réelle couche difficilement individualisable sur le plan histologique (13).

Fonctions de la couche de Dua :

Le rôle principal de cette couche serait une importante solidité lui permettant de résister à de forte pression.

II. Le kératocône

1. Généralités

a) Définition

Le kératocône, du grec *kératos* pour cornée et *conus* pour forme de cône est une maladie dégénérative de la cornée. Il s'agit de la dystrophie cornéenne la plus fréquemment rencontrée dans la population générale (1 patient sur 2000). Elle se caractérise par une protrusion non inflammatoire de la cornée dans sa région axiale, ce qui lui confère sa forme caractéristique de cône (14).

Le britannique John Nottingham fut le premier à faire une description précise de cette maladie et à la distinguer des autres dystrophies cornéennes. Il faudra néanmoins attendre le 19^{ème} siècle pour que la dénomination de kératocône apparaisse (15).

Cette pathologie est le plus souvent bilatérale et se développe généralement chez le sujet jeune, à l'adolescence. La cornée va progressivement se déformer et perdre sa forme ellipsoïde tout en s'amincissant. Il en résulte une ectasie de cette dernière vers l'avant. Cet amincissement fait par ailleurs du kératocône une contre-indication à la chirurgie réfractive, car celle-ci amincit encore davantage la cornée et risque d'aggraver l'ectasie. Le kératocône va engendrer des troubles importants de la vision liés à l'astigmatisme irrégulier que crée la déformation de la cornée (15).

b) Epidémiologie

Le kératocône est le plus souvent décelé alors que le patient se plaint d'une baisse de l'acuité visuelle progressive, ou d'aberrations optiques type diplopie monoculaire, halots, voire triplonie monoculaire. L'âge moyen auquel est fait le diagnostic est de 27,3 +/- 9,5 ans.

En effet 90% des cas de kératocônes sont diagnostiqués entre 10 et 39 ans. Son apparition et son développement sont maximales chez les adolescents, entre 10 et 20 ans, puis diminuent entre 20 et 30ans. Après 30 ans on retrouve très peu d'évolution de cette pathologie bien que cela reste possible (16). Parfois le kératocône est découvert de manière fortuite.

La théorie selon laquelle le kératocône touche préférentiellement les femmes (57% à 66%) a récemment été remise en cause par de nouvelles études. Elles démontrent que les femmes

sont autant atteintes que les hommes ou que la prévalence est plus élevée chez ces derniers. De plus toutes les ethnies peuvent être concernées par cette pathologie (15–18).

La prévalence de cette maladie est de 54,5/100 000 soit environ 1/2000. Les formes bilatérales et asymétriques du kératocône sont prépondérantes bien qu'une publication d'Amsler et Fabiani révèle qu'il peut être unilatéral dans 14% des cas (16).

c) Etiologies et facteur de risques

Aujourd'hui encore, il subsiste plusieurs théories quant à l'origine du kératocône :

- **L'hérédité** : actuellement le mode de transmission autosomique dominant à pénétrance variable semble le plus probable. Les formes familiales sont classiquement estimées à 10% mais plusieurs travaux tendent à démontrer que l'on retrouve des formes de kératocônes dites frustres (d'expression faible et qui ne se détecte qu'à la topographie cornéenne) chez un grand nombre de personnes apparentées. Un facteur d'hérédité serait ainsi retrouvé dans 40% des cas. Effectivement, le risque d'être atteint de cette pathologie serait 15 à 67 fois plus important pour les personnes apparentées au premier degré (14,16)
- **Les atopies** : ce sont des manifestations d'hypersensibilités telles que les allergies, l'asthme et l'eczéma. Elles sont retrouvées chez 35% des sujets atteints de kératocône alors que leur prévalence n'est que de 10% dans la population générale (14,19).
- **Le frottement oculaire et les contraintes mécaniques** que subit la cornée sont des facteurs majeurs du kératocône qui augmentent le risque de développer cette pathologie ainsi que sa vitesse d'évolution. 66 à 73% des patients atteints de kératocône déclarent se frotter les yeux. Les contraintes mécaniques répétées entraînent notamment un amincissement épithélial et un déplacement des fibres de collagène de la cornée. Cela crée une décompensation biomécanique de la cornée qui va dès lors se déformer de façon irrégulière et prendre une forme caractéristique de cône (14,19,20).
- **Le syndrome d'apnées du sommeil** serait également un facteur de risque du kératocône (19).

- Des études ont démontrées que le kératocône est fréquemment associé à plusieurs maladies et syndromes :

- Les maladies du tissu conjonctif (TC) tel que le syndrome d'Ehlers-Danlos, l'hyperlaxité ligamentaire ou le prolapsus de la valve mitrale peuvent être retrouvés fréquemment chez les personnes souffrant de kératocône.
- 5 à 6% des personnes atteintes de trisomie 21 développent un kératocône. Son incidence est donc très supérieure dans cette population que dans la population générale.
- L'incidence est aussi particulièrement élevée chez les patients ayant une amaurose congénitale de Leber.
- Le floppy-eyelid syndrome qui est une éversion palpébrale décrite chez les patients obèses dormant sur le ventre entraîne assez souvent un kératocône. Une compression est faite au niveau de l'œil pendant que le patient dort (17,18).

d) Physiopathologie

Un affaiblissement du tissu cornéen est retrouvé dans le cadre du kératocône. Il est dû à :

- Une modification de la structure et de l'organisation du collagène cornéen
- Une modification de la matrice intercellulaire
- Une majoration du nombre d'apoptose des kératinocytes

Ces modifications entraînent une diminution d'environ 30% de la rigidité cornéenne ce qui est à l'origine de l'ectasie. D'après les récentes hypothèses physiopathologiques, l'interleukine 1 (IL1) aurait un rôle dans la mise en place du kératocône. Effectivement, les frottements mécaniques au niveau de l'œil ainsi que les atopies augmenteraient la production d'IL1. De ce fait le nombre de récepteurs à IL1 au niveau des fibroblastes serait augmenté ainsi que la sécrétion de protéinases. Ces dernières entraîneraient le relâchement des fibres de collagène et de la matrice intercellulaire ce qui serait responsable de l'amincissement cornéen (15).

e) Histologie et anatomie pathologique

En fonction du stade la maladie, toutes les couches de la cornée peuvent être touchées et l'amincissement central de cette dernière peut donner une pachymétrie centrale minimale d'environ 100 µm :

- **L'épithélium** : en fonction du stade du kératocône le nombre d'assises cellulaires va être réduit passant alors au nombre de 2 à 3 contre 6 à 7 chez un sujet sain. L'épithélium possède une telle plasticité qu'il est aussi capable de s'épaissir là où le stroma est plus fin afin de lisser au maximum la face antérieure de la cornée. Ceci est par exemple visible dans les kératocônes frustes, où la carte d'élévation postérieure sera pathologique alors que la carte antérieure reste normale.
- **La membrane de Bowman** : elle va peu à peu prendre un aspect fibrillaire avec des épaissements localisés, des plicatures et des ruptures qui seront alors comblés par des cellules épithéliales ou du tissu conjonctival.
- **Le stroma** : son amincissement est maximal dans la zone centrale du kératocône, à l'apex. Le nombre des lamelles de collagène va être diminué et elles vont perdre progressivement leur organisation parallélique. On peut également retrouver une hypertrophie de l'innervation stromale.
- **La membrane de Descemet** : on peut observer des ruptures de cette dernière entraînant un « kératocône aigu » ou hydrops, avec œdème cornéen kystique majeur liée à l'invasion d'eau de la chambre antérieure vers la cornée.
- **L'endothélium cornéen** : la mosaïque endothéliale et la densité cellulaire vont être conservées. Néanmoins la disposition des cellules, qui vont être déformées dû à l'étirement de la cornée vers l'avant, peut devenir irrégulière (14,15).

2. Le diagnostic

Très tôt dans le développement du kératocône le patient peut se plaindre de différents signes fonctionnels : sensation de baisse d'acuité visuelle de loin et de brouillard, photophobie, diplopie monoculaire éblouissement et irritation oculaire peuvent être associés (14,16).

a) Caractéristiques cliniques du kératocône

• Examen biomicroscopique

Cet examen se fait à la lampe à fente et permet d'observer :

- Signe de Munson**: dans les stades avancés, on observe une protrusion cornéenne qui entraîne une angulation de la paupière inférieure lorsque le patient regarde en bas. (**figure 15**)
- **Signe de Rizzuti** : lorsqu'on observe le reflet de la lumière projeté sur le côté temporal de l'œil d'un patient sain, la focalisation se fait, de façon symétrique, au-delà du limbe nasal. Dans le cas d'un kératocône, le reflet lumineux ne sera pas distribué de manière régulière. Il aura un centre sombre et se divisera en 2 branches. Ce signe peut aussi être rencontré chez les forts astigmates. Il n'est donc pas spécifique au kératocône.
- **Anneau de Fleischer** : c'est un anneau de coloration brune qui peut être partiel ou total et qui se situe à la base du cône. Il a pour origine un dépôt de ferritine, dû aux larmes qui n'arrivent pas à se répartir correctement sur la surface cornéenne irrégulière, dans l'épithélium cornéen.
- **Structures fibrillaires sous-épithéliales** : il s'agit des faisceaux concentriques que l'on retrouve dans la partie interne de l'anneau de Fleischer (15).
- **Visibilité des nerfs cornéen** : cette visibilité est anormale et inconstante. On la retrouve surtout chez des sujets jeunes.
- **Stries de Vogt** : on les trouve dans le stroma postérieur, près de la membrane de Descemet. Ce sont des lignes de contrainte verticales alignées sur le méridien de plus grande courbure de la cornée. Elles disparaissent lorsqu'une pression est exercée sur le globe oculaire. (**figure 16**)
- **Lignes cicatricielles superficielles** : on les retrouve dans le stroma antérieur du sommet du cône. Ce sont des ruptures de la membrane de Bowman, d'aspect réticulaire.
- **Lignes cicatricielles profondes** : dans les stades avancés de la maladie, on peut avoir des ruptures de la membrane de Descemet avec une entrée d'humeur aqueuse au sein de la cornée. Cela va créer un œdème épithélial et stromal qui entrainera une opacité visible au sommet du cône (15,16,18).

• La réfraction

On retrouve généralement chez ces patients une myopie et un astigmatisme irrégulier qui est dû à la déformation de la cornée. Elle va induire des aberrations dites de « hauts degrés » qui seront mesurées grâce à l'aberrométrie. Une étude menée en 2009 démontre que l'astigmatisme interne est lui aussi augmenté avec le kératocône. Il en résulte donc un astigmatisme important chez les patients. Sa progression au stade précoce de la maladie va pouvoir aider au pronostic (14,21,22).

b) Caractéristiques pachymétriques du kératocône

L'examen de la pachymétrie est la mesure de l'épaisseur de la cornée, qui sera aminci de façon globale avec une épaisseur minimale à l'apex. Il est admis qu'une différence de pachymétrie supérieure à 85 μ m entre la périphérie et le centre de la cornée peut constituer un signe de kératocône (18).

Les mesures de pachymétrie peuvent être réalisées par une méthode ultra sonore échographique ou une imagerie par OCT Visante (Optical Coherence Tomography, Tomographie en cohérence optique) (**Figure 4**). Les topographes cornéens fournissent également des cartes pachymétriques.

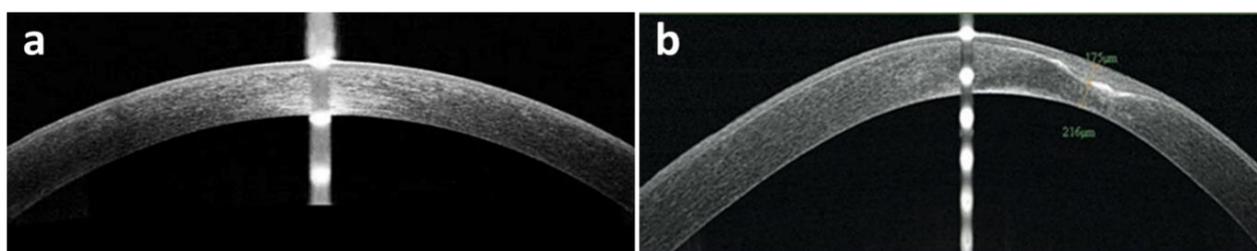


Figure 18. Clichés d'imagerie OCT Visante permettant de mesurer une pachymétrie cornéenne centrale. a) imagerie cornéenne avec pachymétrie physiologique. Cliché : Dr P. Loriaut) b) imagerie cornéenne avec pachymétrie pathologique : noter l'amincissement cornéen paracentral important dans le cadre d'un kératocône. (Cliché : Dr O. Sandali). Le stroma est aminci et l'épithélium épaissi en regard.

c) Caractéristiques topographiques du kératocône

La topographie cornéenne, qui résulte d'une informatisation du principe du disque de Placido, s'est fortement développée ces vingt dernières années du fait de l'expansion de la chirurgie réfractive. Elle permet d'analyser la courbure de cornée à l'aide de cartes colorées sur lesquelles les couleurs chaudes indiquent une forte puissance de la cornée et où, à l'inverse, les couleurs froides indiquent des zones plates, de faibles puissances.

La topographie spéculaire, n'analysant que la face antérieure de la cornée, permet de détecter un kératocône dont le stade est évolué mais ne permettra pas de détecter un kératocône fruste.

La topographie d'élévation donne accès à l'analyse de la face antérieure, de la face postérieure et de la pachymétrie de la cornée. Cet examen plus complet rend possible le dépistage des formes précoces de kératocône puisque ces derniers commencent par la face postérieure de la cornée.

La classification de Rabinowitz permet de reconnaître les cartographies de la face antérieure dite suspecte des cartographies physiologiques. Les formes présentant un astigmatisme asymétrique sont dites à risque. Il s'agit des cartographies de type D, G, H et J (**Figure 5**).

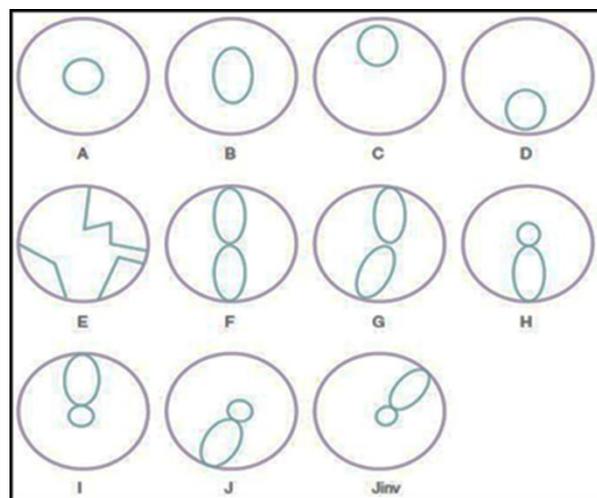


Figure 19. Classification de Rabinowitz

De plus une méthode numérique qui permet le dépistage systématique du kératocône a été proposée par Rabinowitz et McDonnell. Elle repose sur 3 paramètres :

- La kératométrie centrale de la cornée doit être supérieure à 47,2D
- La puissance centrale doit avoir une différence supérieure à 1D entre les 2 yeux
- Lors de l'analyse de la région para centrale de la cornée sur le cercle des 3mm, on va comparer les puissances dioptriques des zones supérieures et inférieures et ainsi déterminer la valeur I-S. Cette valeur doit être supérieure à 1,4D.

Lors d'une topographie d'élévation, on analyse deux autres paramètres (**Figure 6 et 7**) :

- la différence entre l'élévation minimale et l'élévation maximale de la face antérieure. Si elle est supérieure à 100 μm , on peut suspecter un kératocône.
- De même, une valeur de la sphère de référence postérieur de plus de 57D peut être un signe de kératocône (16,18).

OCULUS - PENTACAM 4 cartes réfractives

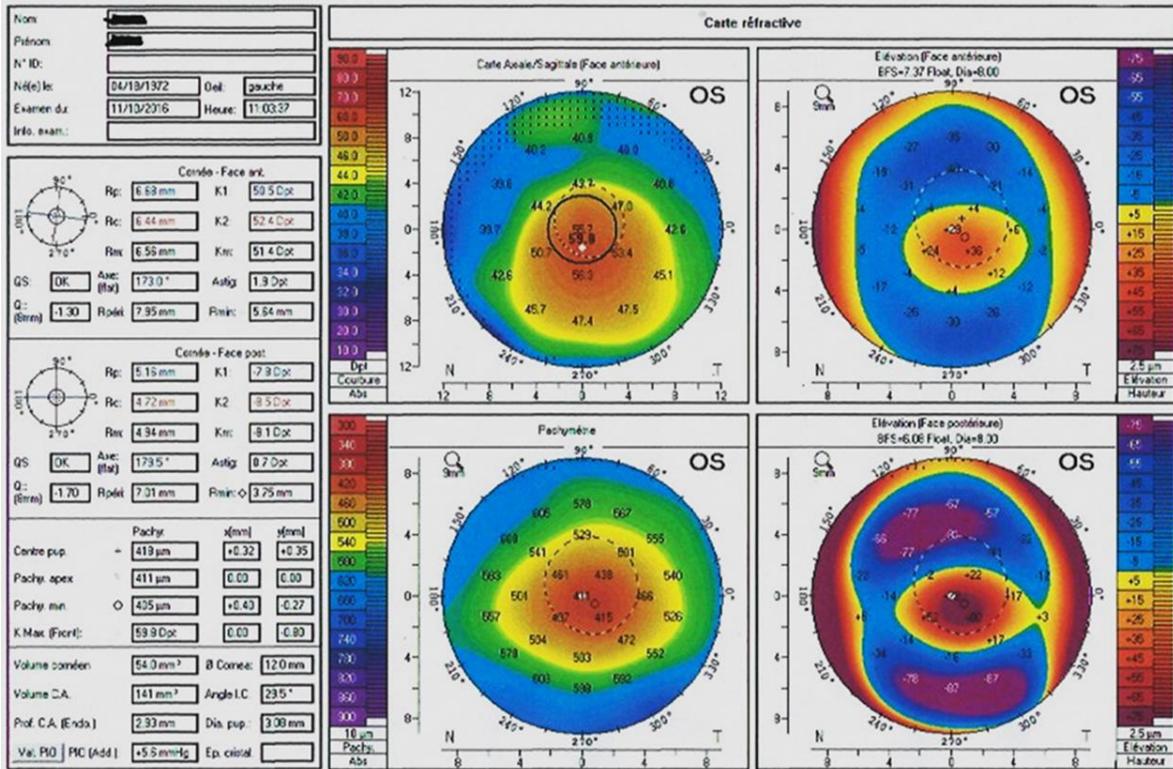


Figure 20. Imagerie de topographie cornéenne avec les mesures détaillées et les cartes réfractives sur Oculus Pentacam (Cliché : Hôpital Edouard Herriot)

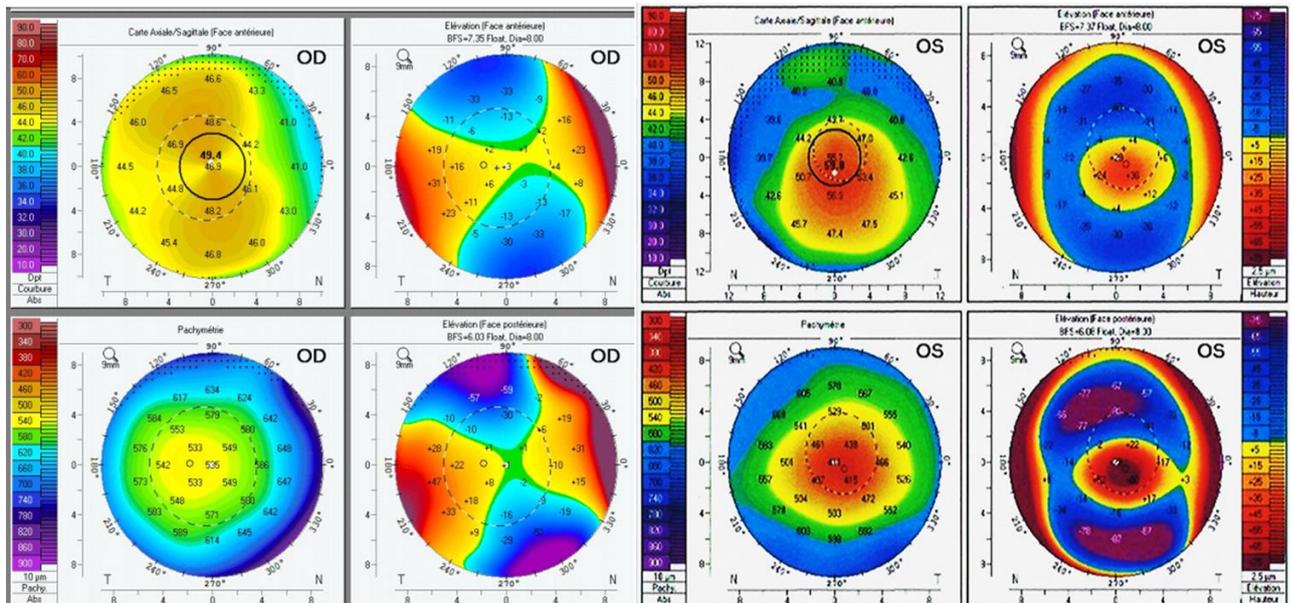


Figure 21. Imagerie de topographie cornéenne montrant un astigmatisme régulier physiologique (OD : œil droit) et un astigmatisme régulier pathologique dans le cadre d'un kératocône évolué (OS : œil gauche) (Cliché : Hôpital Edouard Herriot)

d) Caractéristiques aberrométriques du kératocône

Chez les patients atteints de kératocône, on retrouve classiquement des aberrations optiques de haut degré telles que les trefoils, qui réduisent la sensibilité aux contrastes ou les comas, qui déforment les images rétiniennes. La recherche et la mesure des aberrations optiques permettent de prédire la qualité de l'image rétinienne (15) (**Figure 8**).

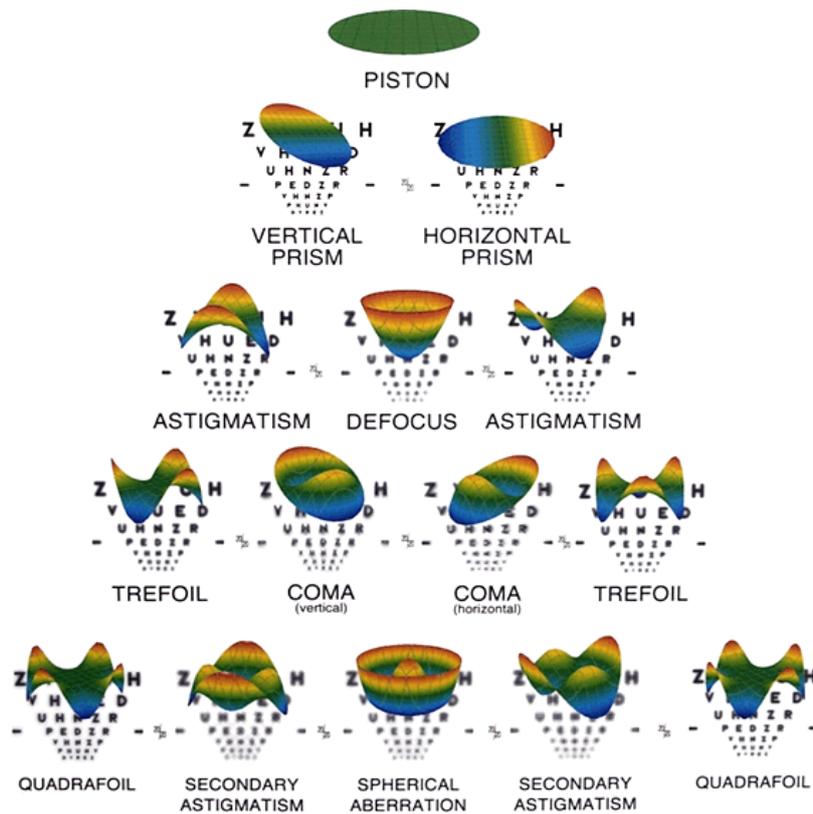


Figure 22. Différents types d'aberrations optiques (Schéma: All about vision)

Tous ces examens vont ainsi nous permettre d'affirmer le diagnostic du kératocône et d'éliminer d'autres pathologies de cornée telles que les cicatrices cornéennes, le kératoglobe, la dégénérescence pellucide marginale ou le corneal warpage.

3. Classification du kératocône

a) Classification d'Amsler

La classification d'Amsler fut la première proposée en 1946. Elle comporte 4 stades :

- **Kératocône du premier degré** : astigmatisme oblique présentant une asymétrie perceptible au kératomètre de Javal.

- **Kératocône du second degré** : astigmatisme plus marqué avec une asymétrie plus manifeste. Au biomicroscope on remarque un amincissement de la cornée qui reste transparente.
- **Kératocône du troisième degré** : Toute mesure, même approximative, au Javal est impossible et l'amincissement cornéen est marqué.
- **Kératocône du quatrième degré** : En plus des signes précédents, il comporte la présence d'opacité cornéenne linéaire (16,18).

b) Classification morphologique de Krumeich

Cette classification prend en compte d'autres critères que la transparence de la cornée :

- La kératométrie maximale
- La pachymétrie minimale, à l'apex
- La puissance réfractive manifeste de la sphère et/ou du cylindre

Cette classification, utilisant des normes chiffrées, va permettre de classer avec plus de précision les différents stades du kératocône. Elle sera donc actuellement préférée à la classification d'Amsler (15,16).

De plus, la présence d'un seul critère suffit à appartenir à un stade :

Stades	Kmax (D)	Pachymétrie minimale (μm)	Puissance sphère ou cylindre (D)
1	<48	>500	<5
2	48-53	400-500	5-8
3	53-55	200-400	>8
4	>55	<200	Non mesurable

c) Classification des stades de kératocône par OCT Visante

Cette classification récente comporte 5 stades (23,24).

Elle est basée sur le diagnostic anatomique du kératocône (**Figure 9**) :

- **Stade 1** : amincissement des couches épithéliales et stromales.
- **Stade 2** : hyper réflectivité dû aux stries de Vogt et épaissement épithélial au niveau du cône.
- **Stade 3** : Invagination postérieure de structures hyper réflectives accompagnée de l'augmentation de l'épaissement épithélial et d'un amincissement stromal.
- **Stade 4** : cicatrice pan stromale au niveau du cône.
- **Stade aigu 5a** : rupture de la membrane de Descemet accompagnée d'oedème cornéen important.
- **Stade cicatriciel 5b** : aspect résiduel de la rupture de la membrane de Descemet avec une présence de cicatrice stromale.

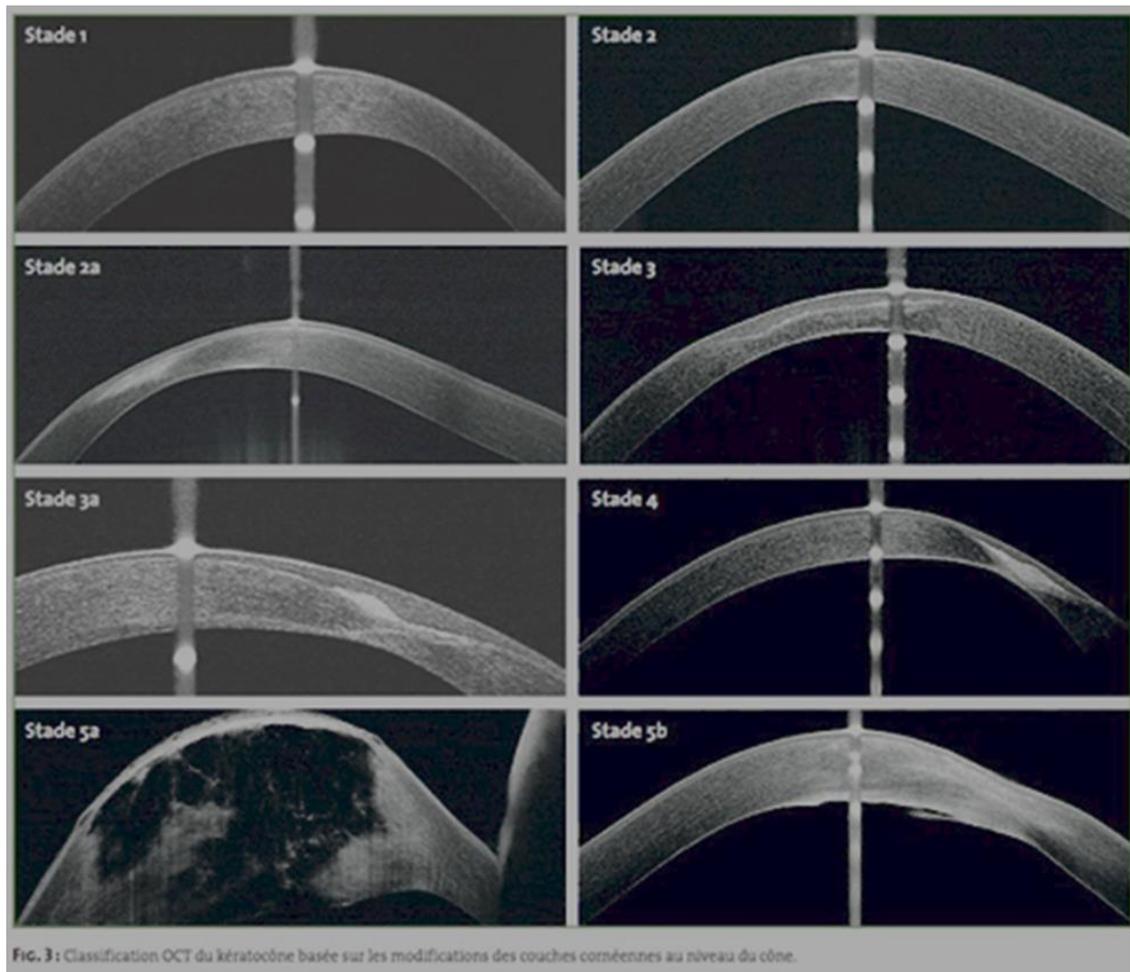


Figure 23. Classification des stades du kératocône par l'imagerie OCT Visante (23).

III. La prise en charge du kératocône

1. Amélioration de l'acuité visuelle

Certains patients ne nécessitent ou ne souhaitent pas de correction optique, souvent parce qu'ils ont un kératocône unilatéral avec une acuité visuelle à 10/10ème sans correction sur l'autre œil. Ils préféreront dans ce cas ne pas avoir de correction optique sur l'œil atteint de kératocône.

Il existe différents dispositifs et méthodes chirurgicales permettant d'améliorer l'acuité visuelle des patients présentant un kératocône. Ces derniers sont présentés par ordre « chronologique », en fonction de l'évolution de la maladie.

a) Lunettes

Il s'agit du traitement de première intention. Il est utilisé dans le cadre des kératocônes peu évolués (stade 1 et 2) ainsi que les frustres.

La correction de l'astigmatisme, bien qu'imparfaite du fait de son irrégularité, apporte une amélioration du confort visuel relative, mais de courte durée. En cas d'évolution de l'astigmatisme, le patient sera amené à choisir un autre type de traitement.

b) Lentilles rigides perméables à l'oxygène (LRPG)

Les lentilles sont prescrites lorsque le kératocône a évolué et que la correction optique devient insuffisante. Elles offrent une meilleure correction des défauts optiques créés par le kératocône et représentent donc le traitement privilégié surtout en cas d'atteinte oculaire unilatérale (14,15).

Les lentilles souples sont à proscrire, car elles épousent la forme de la cornée, n'éliminant pas les irrégularités induites par le kératocône.

Les lentilles rigides perméables au gaz, de petit diamètre (de 7,2mm à 12mm), sont les plus utilisées dans le cadre du kératocône. L'adaptation et l'entretien de ce type de dispositif sont difficiles, voire impossible dans certains cas. En effet les patients peuvent ressentir un inconfort de par la sensation d'un corps étranger sur la surface oculaire.

Pour l'utilisation de ce type de lentille, le kératocône ne doit pas être à un stade trop évolué. En effet, à cause de la forme conique de la cornée, la lentille n'est pas bien supportée, elle tombe régulièrement et peut créer un ulcère à l'apex. Le patient ne doit avoir aucune allergie

palpébrale et ne doit pas travailler dans un environnement poussiéreux, les poussières risquant de se glisser sous la lentille ce qui provoquerait une douleur obligeant l'ablation de la lentille (25).

Les fonctions des lentilles rigides de type LRPG sont :

- Obtenir un aplatissement de la cornée déformée sous la forme d'un cône irrégulier
- Correction optique de l'astigmatisme irrégulier grâce au film lacrymal

c) Les lentilles sclérales SPOT (Sclérale Perméable à l'Oxygène de Thonon)

Ces lentilles de grandes tailles (de 15 à 23mm) sont fabriquées à partir d'un copolymère de méthacrylate hautement perméable à l'oxygène depuis seulement une trentaine d'année. Elles étaient auparavant moins prescrites car non perméable à l'oxygène.

Elles forment un pont au-dessus de la cornée, s'appuyant sur la sclère, ce qui procure un confort plus important de par le fait que la sclère est moins sensible que la cornée. Elles prennent appui sur la sclère péri-limbique, leur offrant ainsi une plus grande stabilité que les lentilles LRPG.

Les lentilles sclérales ne sont pas des lentilles de première intention ; du fait de leur méconnaissance de la part des praticiens, de la difficulté d'apprentissage de l'adaptation spécifique, de l'apprentissage de la manipulation au patient (difficile et chronophage) et des indications restrictives retenues à l'heure actuelle par la HAS. De plus, ces lentilles sont fabriquées sur mesure, de manière artisanale, ce qui ne permet donc pas une industrialisation de masse.

Elles étaient auparavant utilisées principalement chez les patients atteints du syndrome de Lyell ou Stevens-Johnson ou pour les sécheresses oculaires majeures. Il existe à l'heure actuelle deux grandes indications des lentilles sclérales type SPOT, pour lesquelles il existe un remboursement par la sécurité sociale. D'une part, il s'agit des indications « de surface », qui regroupent les pathologies de sécheresse oculaire sévère (syndrome de Gougerot, réaction du greffon contre l'hôte post greffe de moelle osseuse par exemple), et les pathologies palpébrales sévères lésant la cornée (paralysie faciale, syndrome de Stevens Johnson ...). D'autre part, il s'agit des pathologies « optiques » regroupant les kératocônes non adaptables en LRPG ou ne les supportant pas, les troubles réfractifs post-greffe de cornée, ou encore les ectasies post-lasik.

Ces lentilles se remplissent de sérum physiologique par le patient avant le port et constituent ainsi un réservoir liquidien pré-cornéen. Le contact constant de la cornée contre ce sérum la protège des agressions telles que les paupières ou à l'inverse l'exposition permanente à l'air et permet de favoriser la cicatrisation épithéliale. La régularité du film pré-cornéen permet également de neutraliser les aberrations optiques, les larmes s'interposant entre la cornée imparfaitement sphérique et la lentille SPOT. Le renouvellement des larmes se fait tout de même sous la lentille SPOT ce qui induit une bonne oxygénation cornéenne. De plus ces lentilles de grandes tailles réduisent considérablement l'intrusion de corps étrangers, comme les poussières et autres particules, ce qui permet donc une adaptation pour les patients ayant des métiers à risques (électriciens, travaux publics, dans certains sports...)

Il existe trois tailles de lentilles SPOT de diamètre variable : 17 mm, 19 mm, et de 21 à 23 mm. Le diamètre est choisi en fonction de la taille du globe et du confort ressenti par le patient. L'espace lentille-cornée doit mesurer environ une demi-épaisseur cornéenne (250 à 300 μm), ceci afin d'éviter une pression négative avec des phénomènes de succion à l'ablation.

L'adaptation n'est pas simple et la fabrication définitive du verre scléral peut être personnalisée par la création de canaux, qui facilitent les échanges lacrymaux, de cycloïdes, pour diminuer l'appui de la lentille sur les insertions des muscles droits, et de perforations pour aider le retrait du verre scléral.

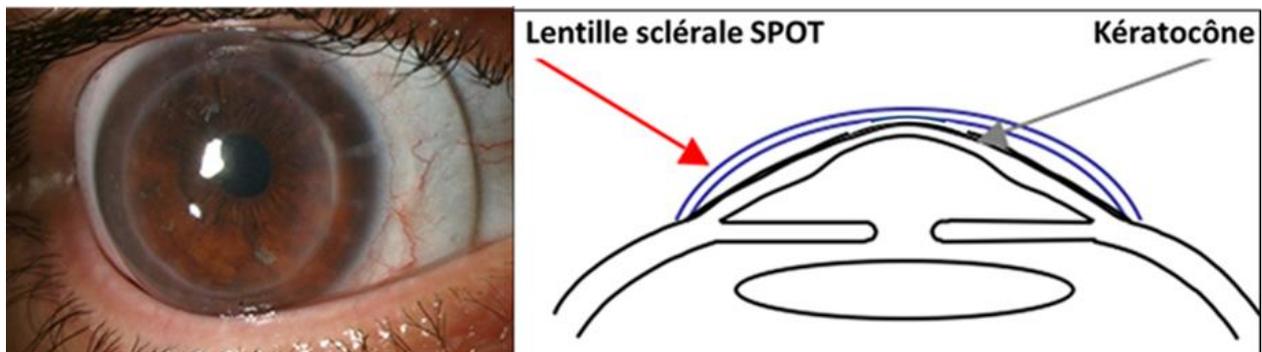


Figure 24. Lentille sclérale SPOT adaptée sur un œil atteint de kératocône et schéma montrant l'absence de contact entre la lentille sclérale et la surface cornéenne (Cliché : hôpital Edouard Herriot, Lyon)

Les lentilles SPOT possèdent plusieurs fonctions :

- Assurent une bonne hydratation et oxygénation cornéenne et de la surface oculaire.
- Meilleur confort pour le patient (absence de contact direct avec la cornée).
- Empêchent les frottements palpébraux sur la cornée.
- Permettent un bon centrage de la lentille indépendamment des déformations cornéennes.
- Respect de la physiologie de la cornée par l'utilisation de matériaux perméables et hydrophiles.

L'amélioration de l'acuité visuelle et le confort ainsi engendrés augmentent la qualité de vie des personnes porteuses d'un kératocône ou autre anomalie cornéenne. Le port de ces lentilles SPOT permet également de retarder, voire éviter dans certains cas une kératoplastie (26–29).

d) Les autres types de lentilles

Les lentilles hybrides : Elles sont rigides au centre et entourées d'une « jupe » souple, ces lentilles associent l'efficacité de la lentille rigide et le confort de la lentille souple. Leur diamètre total est de 14,90 mm et en fonction de l'amétropie, la jupe est plus ou moins plate (14,30).

Le système Piggy-back : Il s'agit de la superposition d'une lentille rigide et d'une lentille souple. La lentille rigide est bien centrée et le confort est accentué grâce à la lentille souple. Ce système est proposé en cas d'ulcérations fréquentes et de kératites chroniques à l'apex de la cornée, de chutes des lentilles, de kératoplastie transfixiante (pour soigner les astigmatismes irréguliers), sous réserve de transparence cornéenne et lorsque le patient présente une intolérance aux lentilles rigides perméables aux gaz (LRPG) (14,15).

Ce type de lentilles présente cependant des inconvénients. En effet elles possèdent un faible coefficient de la perméabilité en oxygène, ce qui peut provoquer une néovascularisation limbique. De plus il existe une fluctuation de l'acuité visuelle.

Le système Piggy-back possède plusieurs fonctions :

Cela assure un meilleur confort visuel au patient, permettant ainsi une augmentation du temps de port et une tolérance locale facilitée avec les lentilles.

e) Les implants toriques

Rarement utilisés dans la prise en charge du kératocône car ces implants intraoculaires sont utilisés pour corriger des astigmatismes réguliers.

On les réserve aux patients présentant un kératocône léger et nécessitant une chirurgie de cataracte.

f) Les anneaux intra-cornéens

Prescrite dans la prise en charge du kératocône depuis 1977, cette technique chirurgicale consiste à insérer un ou deux demi-anneaux en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) dans la cornée, à l'aide d'un laser femtoseconde. L'implantation de ces anneaux a lieu en cas d'échec d'adaptation des lentilles pour les kératocônes peu avancés ($K_{max} < 55$ dioptries pour bon résultat).

Le kératocône doit être stabilisé avant la pose d'anneaux cornéens, et nécessite en cas d'évolutivité un cross-linking pré opératoire. Le but est de corriger l'irrégularité en « retendant » la cornée.

Après une incision de 2 mm, ces anneaux vont passer par des canaux créés par le laser femtoseconde au trois quarts de la profondeur de la cornée. Le risque de perforation de la face postérieure est faible. Ils sont placés dans la moyenne périphérie de la cornée. La taille et le positionnement des anneaux intra-cornéens sont basés sur l'équivalent sphérique et la localisation du cône grâce à des nomogrammes.

Afin de bénéficier de ces anneaux, le patient doit répondre à ces indications :

- Avoir une cornée claire
- Epaisseur de la moyenne périphérie cornéenne supérieure à 450 μm
- Kératométrie moyenne centrale inférieure à 55 dioptries

Les complications comme l'infection, l'extrusion ou encore la perforation cornéenne sont rares.

Malgré le gain visuel et fonctionnel, le port de lunettes ou de lentilles suite à cette intervention est généralement nécessaire.

Considérés comme réversibles, les anneaux intra-cornéens peuvent être retirés facilement en cas de problème (14,15,25).

g) Les greffes

Le kératocône est l'une des premières indications de greffes en France, en Europe et aux Etats-Unis. Elles représentent entre 20 et 40% des greffes de cornée. Seulement 10% des personnes atteintes de kératocône y ont recours mais ce taux est en large diminution depuis l'arrivée du cross-linking et l'amélioration des lentilles de contact.

Le taux de réussite est de plus de 95%, mais le taux d'échec est principalement lié au rejet. L'application de collyres anti-rejet type corticoïdes locaux pendant plusieurs mois est indispensable pour limiter au maximum ce risque. Le rythme de la surveillance est d'une consultation tous les deux mois pendant l'année qui suit la greffe, puis tous les 6 mois. La récupération de l'acuité visuelle est longue, du fait de la nécessité d'attendre l'ablation des fils à 12-18 mois pour évaluer la récupération complète. Parfois, le port de lentilles est nécessaire après la chirurgie, afin d'améliorer la vision. (31).

Il existe deux types de greffes de cornée dans cette indication :

- **La greffe lamellaire antérieure profonde**

Le stroma du patient est ici remplacé par celui d'une cornée saine tout en préservant l'endothélium du patient, qui doit être normal (ce qui est généralement le cas dans le kératocône). La conservation de l'endothélium diminue considérablement le risque de rejet, réduit l'application de corticoïdes locaux et la récupération de l'acuité visuelle est plus précoce, en comparaison à la kératoplastie transfixiante. De plus, la durée de vie du greffon est augmentée.

- **La kératoplastie transfixiante**

De moins en moins réalisée dans le traitement du kératocône, elle consiste à greffer le stroma et l'endothélium cornéens après anesthésie générale. Au cours de la greffe, une substance viscoélastique protège l'endothélium.

Le suivi du patient est identique à celui des greffes lamellaires. L'ablation des fils de suture s'effectue généralement entre 12 et 18 mois après la greffe ; pendant ce temps, le patient peut ressentir une gêne visuelle secondaire à l'astigmatisme induit cette fois-ci par les fils de suture. La prescription d'une correction optique provisoire n'est réalisée que quelques mois après l'opération (**Figure 11**).

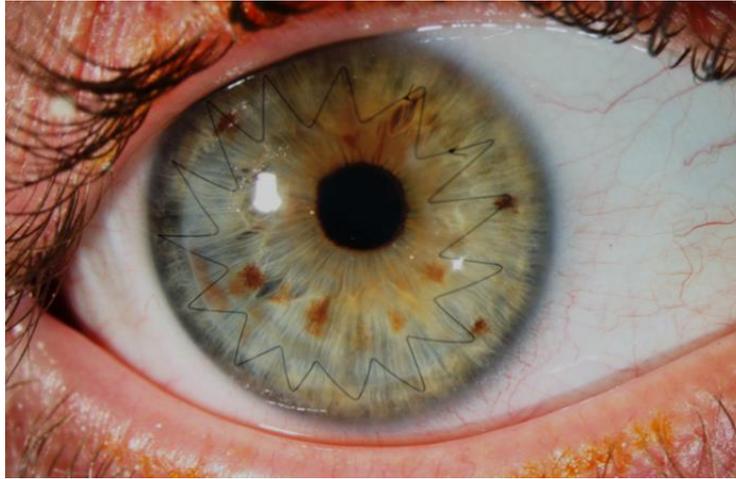


Figure 25. Kératoplastie transfixiante avec surjet intra-cornéen (cliché : hôpital Edouard Herriot)

Les complications post opératoires sont peu fréquentes, et l'on peut retrouver un astigmatisme post-opératoire, une hypertension oculaire ou encore le rejet de greffe, survenant principalement pendant la première année après l'intervention.

Après réalisation d'une kératoplastie, l'endothélium subit des modifications morphologiques et s'appauvrit progressivement. Dans ce cas, la perte des cellules endothéliales est plus importante que la perte physiologique liée à l'âge. Un changement de greffon est nécessaire lors que la densité cellulaire descend au-dessous du seuil de 500 cellules/mm², à cause de son opacification (15,32).

2. La stabilisation du kératocône : Le cross-linking

Cette technique est récente et non invasive ayant pour objectif de rigidifier la cornée (33).

a) Le mécanisme d'action

Le cross-linking est une réaction photo-oxydative entre deux éléments : la riboflavine utilisée comme photo sensibilisant et les ultra-violets A (UVA) qui serviront de catalyseurs. Suite à la réaction entre ces deux composés, de nouvelles liaisons fortes vont se créer entre les fibres de collagène cornéen; la résistance biomécanique de la partie antérieure de la cornée est ainsi augmentée (15,33).

b) Les effets du traitement

Le cross-linking est contre-indiqué lorsque la pachymétrie est inférieure à 400µm et lorsque la cornée présente une opacité. Le kératocône doit être évolutif, c'est-à-dire que la kératométrie maximale doit avoir augmenté d'au moins une dioptrie associée ou non à une baisse de l'acuité visuelle d'au moins une ligne ETDRS sur un intervalle de 6 mois.

Le cross-linking possède plusieurs fonctions :

Le cross-linking permet, d'une part, une augmentation de la rigidité cornéenne, induite par l'augmentation de l'épaisseur des fibres de collagène du stroma cornéen et d'autre part une augmentation de la résistance aux enzymes dégradant les liaisons entre les fibres de collagène.

Partie pratique

Matériel et méthode

Design de l'étude :

Nous avons réalisé une étude clinique monocentrique et prospective portant sur 80 yeux vus entre octobre 2016 et avril 2017 dans le service d'ophtalmologie de l'Hôpital Edouard Herriot de Lyon.

Cette étude a respecté les principes éthiques applicables aux recherches médicales sur des sujets humains définis dans la déclaration d'Helsinki de l'Association Médicale Mondiale de 1964 (révisée en 2013). Chaque patient avait signé un consentement éclairé. (**Figure 18**)

Population de l'étude :

Nous avons inclus des patients suivis en ophtalmologie à l'Hôpital Edouard Herriot pour un kératocône. Les témoins étaient des patients sains constitués de la famille des patients ou d'étudiants en orthoptie de l'école de Lyon. Les topographies des témoins ne montraient pas de kératocône.

Les patients étaient répartis en 4 groupes distincts : le groupe 1 comprenait des patients sains, n'étant pas atteint de kératocône et ne portant pas de lentilles de contact. Le groupe 2 était constitué de patients atteints de kératocône mais ne portant pas de lentille. Les patients groupe 3 étaient atteints d'un kératocône et adaptés en lentilles de contact type LRPG (Lentille Rigide Perméable aux Gaz). Le groupe 4 comprenait des patients atteints de kératocône et adaptés en lentille (verre scléral) de type SPOT (**Figure 12**).

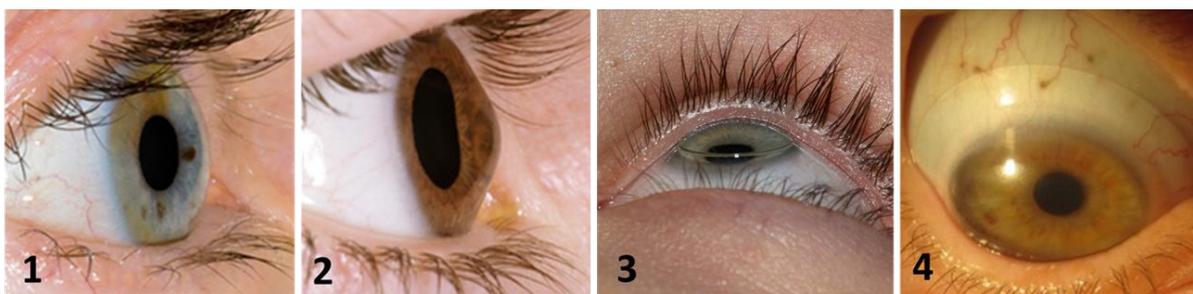


Figure 26- 1. Cliché d'un oeil sain. 2. Cliché d'un oeil atteint de kératocône. 3. Cliché d'un oeil avec une lentille type LRPG. 4. Cliché d'un oeil avec une lentille type SPOT (source : <https://clinicalimmersion.uic.edu/blog-2016/raahil-kajani/>)

Pour participer à l'étude les patients devaient présenter tous les critères d'inclusion, aucun critère d'exclusion et accepter de participer à l'étude en signant un consentement (photo du consentement en annexe).

Les critères d'inclusion dépendaient du groupe d'étude. Pour le groupe 1, les patients ne devaient pas être porteurs d'une pathologie ophtalmologique cornéenne et non porteurs de lentilles tous types confondus. Dans le second groupe, les critères d'inclusion étaient la présence d'un kératocône sur au moins l'un des deux yeux, mais ne portant pas de lentilles SPOT ou LRPG. Dans le groupe 3, les patients devaient être porteurs d'un kératocône adapté en lentille LRPG. Pour faire partie du dernier groupe d'étude, les patients devaient être atteints de kératocône et porteurs de lentille sclérale de type SPOT. Les patients des groupes 3 et 4 devaient également accepter de retirer leurs lentilles au minimum 72 heures avant l'examen réalisé au Pentacam, ce qui est actuellement recommandé pour le suivi des patients atteints de kératocône. Tous les patients devaient avoir signé la fiche de consentement après avoir reçu une information claire, loyale et appropriée orale et écrite pour leur participation à notre étude.

L'analyse d'un œil était exclue si le patient était porteur d'une greffe de cornée sur cet œil. Les patients étaient également exclus s'ils ne revenaient pas au rendez-vous de prise des secondes mesures.

Protocole d'étude :

Notre étude portant sur la topographie cornéenne, nous l'avons mesurée avec l'aide du topographe Pentacam® de chez Oculus, présent à l'hôpital Edouard Herriot. Nous avons alors réalisé sur chaque patient, trois topographies cornéennes par œil entrant dans le cadre de l'étude. Effectivement, certains patients sont porteurs d'un kératocône unilatéral. Nous avons effectué sur chaque patient deux séries de mesure : une première série de mesures juste après l'ablation de la lentille LRPG ou SPOT pour les porteurs de lentilles et une seconde série de mesures 72 heures après ablation de la lentille. Les patients non porteurs de lentille étaient également convoqués une deuxième fois pour réaliser deux séries de mesures différentes. Nous avons respecté un délai d'au moins 7 jours entre les deux séries de mesure et de maximum 27 jours.

Nous avons recueilli pour l'analyse de chaque patient, les données suivantes : K1, K2, la kératométrie moyenne, la kératométrie maximale, la pachymétrie, l'axe de l'astigmatisme ainsi que le diamètre pupillaire de chaque topographie sur chaque œil (**Figure 13**).

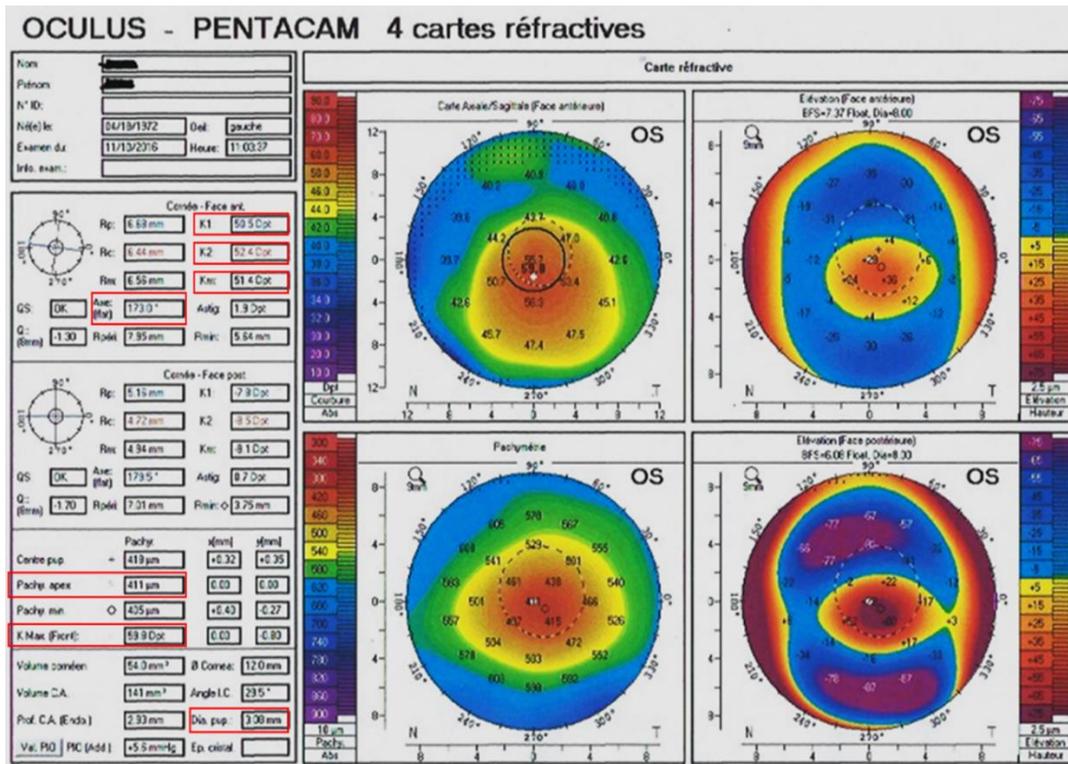


Figure 27- Image de Pentacam où sont entourées les différentes données utilisées dans notre étude

Critères de jugement

Le critère de jugement principal est la modification de la kératométrie maximale entre les deux mesures, c'est-à-dire la première mesure après port de la lentille de contact (type LRPG ou SPOT) pendant au moins 3 heures et retrait immédiat et la seconde mesure effectuée après retrait de la lentille 72 heures auparavant, réalisé à partir de la moyenne de trois topographies à chaque fois. Ce critère a été choisi car il s'agit du critère d'évaluation de l'évolution du kératocône lors de son suivi.

Nous avons également étudié les modifications des autres paramètres à savoir K1, K2 et la pachymétrie cornéenne.

Analyses statistiques

Nous avons réalisé une analyse statistique à l'aide d'un test Anova ainsi que d'un test de Tukey. Un résultat était considéré comme statistiquement significatif uniquement dans le cas où la valeur de p était strictement inférieure à 5%.

RÉSULTATS

Afin de rendre possible l'analyse des topographies réalisées dans le cadre de notre étude, nous avons créé un recueil (**Recueil des patients, Tableau 4-10**). Ce dernier était composé de sept tableaux effectués sur le logiciel Excel.

Dans le premier tableau apparaissent le nom, l'âge, le sexe et les antécédents de Cross Linking de tous les patients ainsi que le stade de leur kératocône défini grâce à la classification de Rabinowitz.

Le second tableau recense toutes les données topographiques des patients immédiatement après ablation de leur lentille de contact type LRPG ou SPOT dans le cas des porteurs de lentilles ou bien les premières mesures effectuées pour les patients ne portant pas de lentilles.

Dans le troisième tableau, nous avons inscrit les données des mesures effectuées sur les patients 72 heures après ablation de la lentille ou les secondes mesures faites sur les patients non porteurs de lentilles.

Description de la population

L'effectif total était de 80 yeux, c'est à dire 20 dans le groupe 1, 20 dans le groupe 2, 21 dans le groupe 3 et 19 dans le groupe 4. Il y avait plus d'hommes que de femmes dans les groupes 1, 3 et 4.

L'âge moyen était de 28,44 +/- 8,68 ans.

Un antécédent de Cross Linking était retrouvé chez 15% des yeux du groupe 2, 9,5% de ceux du groupe 3 et 36,8% de ceux du groupe 4.

Il y avait majoritairement des kératocônes de stade II dans les groupes 2 et 3 alors que les stades IV étaient prédominants dans le groupe 4. Le kératocône était donc plus avancé dans le groupe 4 (Tableau 1).

Tableau 1 - Caractéristiques épidémiologiques des patients

	Sains	Lunettes	LRPG	SPOT	TOTAL
Effectif	20	20	21	19	80
SR H/F	11/9	6/14	12/9	16/3	45/35
Age moyen	24,2 +/- 4,57	31,5 +/- 8,71	28,57 +/-9,93	29,53 +/-9,35	28,44 +/-8,68
ATCD CXL	0 %	15 %	9,5 %	36,8 %	15 %
Stades :					
0	20 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	20 (25%)
I	0 (0%)	1 (5%)	6 (28,6%)	1 (5,3%)	8 (10%)
II	0 (0%)	14 (70%)	10 (47,6%)	5 (26,3%)	29 (36,2%)
III	0 (0%)	4 (20%)	4 (19%)	3 (15,8%)	11 (13,8%)
IV	0 (0%)	1 (5%)	1 (4,8%)	10 (52,6%)	12 (15%)

Variation topographique du Kmax lors d'une série de mesure :

Une moyenne des Kmax (Kératométrie maximale) des 3 topographies effectuées lors de la première série de mesures puis de celle de la 2^{ème} série de mesures a été réalisée pour chaque groupe de patients afin de diminuer l'impact de l'erreur de mesure dans nos résultats (Tableau 2 et 3).

Tableau 2 - moyenne des Kmax de chaque groupe lors de la première série de mesures.

	SAINS	LUNETTES	LRPG	SPOT	TOTAL
Kmax topo 1.1	44,16	53,55	52,65	60,15	52,53
Kmax topo 1.2	44,17	54,41	52,67	59,81	52,68
Kmax topo 1.3	44,05	53,97	52,73	60,24	52,66
Moy Kmax 1	44,13	53,98	52,69	60,07	52,62

Tableau 3 - moyenne des Kmax de chaque groupe lors de la deuxième série de mesures.

	SAINS	LUNETTES	LRPG	SPOT	TOTAL
Kmax topo 2.1	44,19	54,48	53,65	60,99	53,29
Kmax topo 2.2	44,20	54,51	53,53	60,96	53,21
Kmax topo 2.3	44,02	53,36	53,39	60,77	52,79
Moy Kmax 2	44,14	54,12	53,53	60,91	53,08

Variation topographique du Kmax entre les 2 mesures et du Kmax entre les groupes :

Nous avons réalisé un test Anova permettant d'analyser les variations topographiques entre T1, réalisation de la première série de topographies, et T2, réalisation de la seconde série de topographies ainsi qu'en fonction du groupe d'appartenance. Pour les 4 groupes, nous n'avons globalement pas d'effet de temps. Les moyennes des Kmax de la première mesure étaient significativement les mêmes que celle de la deuxième série de mesure pour un groupe donné.

Nous retrouvons une légère variation du Kmax entre la mesure ablation immédiate de la lentille et la mesure après 72h d'ablation de lentille dans les groupes LRPG et SPOT mais cela n'est pas statistiquement significatif (risque α à 5%).

Par la suite, nous avons réalisé un test de Tukey entre tous les groupes en préservant le risque α à 5%. Il en résulte que tous les groupes étaient significativement différents deux à deux et cela à une probabilité $p < 0.001$. Il y avait néanmoins une exception pour les groupes lunettes et LRPG. Leurs topographies étaient comparables. (**Figure 14**)

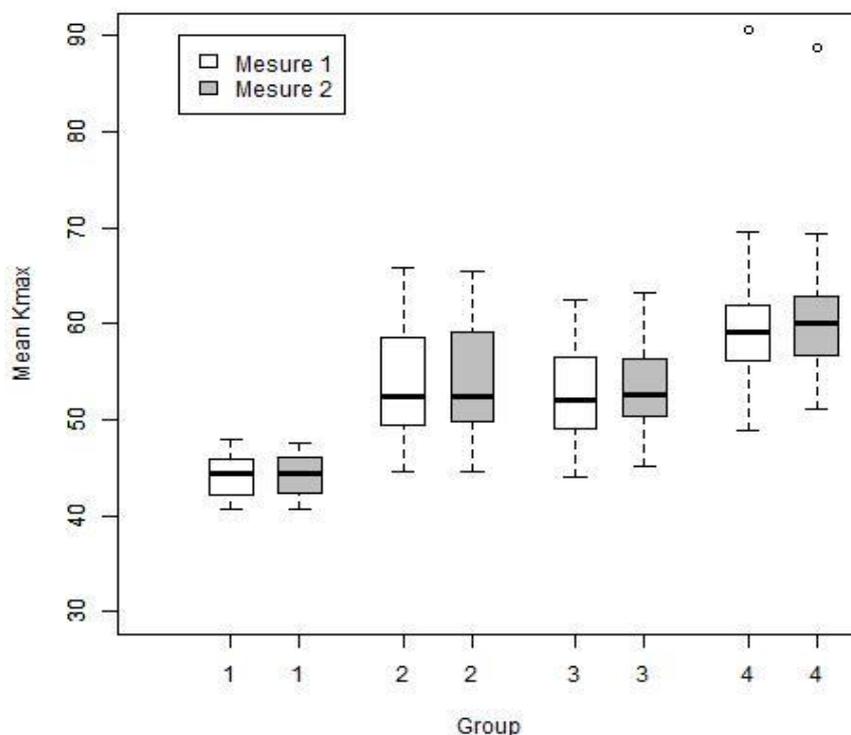


Figure 28- Variation topographique du Kmax de chaque groupe entre les deux mesures

DISCUSSION

Il s'agit de la première étude où l'impact des lentilles sclérales sur la topographie cornéenne dans le cadre d'un kératocône est exploré, en comparaison avec les patients adaptés en lentilles rigides et ceux sans lentille. En effet, les études récentes traitent de l'amélioration de l'acuité visuelle grâce à ce type de lentilles ou de l'impact des lentilles rigides perméables au gaz auprès de patients atteints de kératocône. (34)

Notre but était de montrer l'impact de la lentille SPOT sur la topographie cornéenne et de déterminer si, à l'instar de la lentille rigide perméable aux gaz, une ablation de la lentille 72 heures avant l'examen est nécessaire. Effectivement, cette durée de 3 jours d'ablation, bien que nécessaire au bon suivi du patient, a un impact non négligeable sur sa qualité de vie.

Afin de rendre notre étude la plus complète possible, nous avons choisi d'étudier quatre groupes de patients. Le premier groupe était composé de patients sains et a ainsi pu servir de référence lors de nos analyses statistiques. Il a aussi servi à montrer qu'il n'y avait pas de variation liée à l'appareil de mesure. Le deuxième groupe présentait des sujets atteints de kératocône mais ne portant pas de lentille. Cela nous a permis de mettre en avant que les variations topographiques ici étudiées étaient bien dues au port de lentille et non pas à l'ectasie de cornée, ni aux variations de l'appareil. Le troisième groupe, lui composé de patients atteints de kératocône et adaptés en LRPG a pu nous permettre des comparaisons avec les études préalablement menées sur ce sujet ainsi qu'avec le groupe lentille SPOT.

Lors de la création de notre protocole nous avons convenu de la mise en place de plusieurs critères. Effectivement, afin de rendre notre étude la plus fiable possible, toutes les mesures ont été réalisées avec la topographie cornéenne Pentacam® d'Oculus de l'Hôpital Edouard Herriot, à Lyon. De même, le degré d'incertitude de l'appareil et l'attitude du patient au cours de l'examen (stade du kératocône, clignements, mouvements de la tête, etc...) peuvent induire une modification des résultats. Nous avons donc effectué trois topographies par œil à chaque série de mesures afin que l'erreur liée à la machine n'impacte pas nos résultats de façon significative. La durée entre les deux séries de mesures était elle aussi un critère majeur de notre étude. Bien qu'idéalement fixée à 7 jours, elle a pu varier de 3 jours à 27 jours. Aucun délai supplémentaire n'a été accepté du fait d'une évolution possible du kératocône qui aurait dès lors créé un biais dans notre étude. De ce fait, plusieurs sujets n'ayant pas honoré leur second rendez-vous ont dû être exclus.

Les résultats de notre étude ont pu montrer dans un premier temps que la population issue de chaque groupe est significativement différente, hormis les patients du groupe 2, kératocône sans lentille, et du groupe 3, kératocône adapté en LRPG. Effectivement, les patients recrutés

dans ces 2 groupes avaient des stades de kératocône comparables. Il en résulte que les Kmax moyen étaient comparables, et de ce fait les topographies l'étaient également. Les patients du groupe SPOT, quant à eux, présentaient un stade plus avancé de la pathologie. Or la fiabilité de la topographie cornéenne réalisée par le biais du Pentacam dépend du stade du kératocône. Plus celui-ci est avancé, plus la topographie peut varier. Donc, malgré le fait que nous ayons réalisé une moyenne des Kmax issue de trois topographies pour chaque série de mesures, on peut s'attendre à une plus faible fiabilité des examens pour le groupe SPOT. Il faudrait probablement réaliser une étude comparant les topographies de patients de même stade (stade IV) afin de montrer que la variation de la topographie n'est pas liée au port de la lentille SPOT.

Dans un deuxième temps, nous avons également comparé les variations de Kmax pour chaque groupe entre la première et la seconde série de mesures. Pour les groupes 1 et 2, nous ne retrouvons aucune variation de topographie cornéenne. Cela est concordant avec les résultats escomptés, et nous permet d'affirmer que les éventuelles variations retrouvées par la suite ne sont liées ni à la machine utilisée, ni à une avancée du kératocône.

Concernant les deux groupes adaptés en lentilles, nous n'avons globalement pas d'effet de temps. On retrouvait une légère variation du Kmax entre la mesure ablation directe de la lentille et la mesure 72 heures d'ablation de lentille dans les groupes LRPG et SPOT mais cela n'est pas significatif avec un risque α à 5%. On peut seulement évoquer une tendance et non un fait établi. On pourrait supposer que la lentille de contact de type SPOT à l'instar de la lentille de type LRPG crée une modification topographique de la cornée lorsque les mesures sont effectuées immédiatement après ablation. Ces résultats coïncident avec une étude réalisée en 2015 par le Service d'Ophtalmologie du Centre Hospitalier Universitaire d'Utrecht (35) qui démontre que, malgré l'absence de contact direct avec la cornée, la lentille sclérale entraîne néanmoins des modifications de la topographie cornéenne. En effet les résultats des topographies cornéennes après ablation directe de la lentille ont mis en évidence un aplatissement de la cornée que l'on ne retrouve pas dans les mesures effectuées une semaine après ablation. Dans cette étude, les valeurs de Kmax sont significativement moins élevées de 1.1 dioptrie, ce qui nous montre cette modification cornéenne. De plus, les modifications cornéennes, retrouvées dans notre étude, et causées par le port de lentilles rigides sont identiques à celles dues aux lentilles sclérales. En effet, on note une différence de 0.84 dioptries entre le Kmax moyen après 72 heures d'ablation et celui directement après l'ablation de la lentille que ce soit dans le groupe 3, kératocône adapté en LRPG ou dans le groupe 4 en lentilles SPOT. Il faudrait réaliser une étude sur davantage de patients afin de mettre en évidence des résultats statistiquement significatifs.

Nous avons inclus les patients ayant un antécédent au Cross Linking. Ce traitement stabilisateur a un impact sur les fibres de collagène, ce qui diminue l'élasticité de la cornée. Par conséquent, les patients ayant eu un Cross Linking ont probablement moins de variations topographiques, quel que soit leur groupe. Aucun patient porteur d'anneaux cornéens ne figure dans cette étude.

Nous avons demandé aux patients de retirer leur lentille 72 heures avant la réalisation des topographies, mais le risque qu'ils n'aient pas respecté ce délai persiste toujours.

Un autre biais figure dans notre étude. Bien que la durée minimum du port de la lentille soit de 3 heures pour les mesures à ablation directe, plus le port de la lentille est important, plus l'impact de cette dernière sur la topographie sera conséquent. Il y a donc une différence entre les patients ayant porté leurs lentilles 3 heures avant l'ablation et ceux qui les ont portées plus longtemps.

Il serait intéressant de prolonger notre étude afin d'obtenir des résultats significatifs en augmentant le nombre de patients recensés. Effectivement nous espérons démontrer que les lentilles de type SPOT n'entraînaient pas de variation de la topographie cornéenne du fait qu'elle repose sur la sclère et non sur la cornée. Nos résultats nous portent à croire le contraire bien qu'on puisse supposer, du fait de sa forme, que l'effet est moindre comparée à celui des LRPG pour des patients au même stade de la maladie.

CONCLUSION

La lentille sclérale de type SPOT est une avancée remarquable dans le traitement des kératocônes. En effet, l'un de ses avantages principaux est que cette lentille n'est pas en contact direct avec la cornée, ce qui lui confère une tolérance bien meilleure pour les patients. Elle permet également d'améliorer l'acuité visuelle de kératocônes de stade IV, non corrigible en LRPG. C'est en partant de cet avantage que nous avons choisi d'étudier l'impact des lentilles de contact de type SPOT sur la topographie cornéenne dans le but de savoir si, tout comme les lentilles de contact rigides perméables au gaz, celles-ci effectuaient un aplatissement de la cornée.

Nous avons dès lors créé un protocole permettant d'étudier cet impact au niveau de la topographie cornéenne à l'aide du Pentacam de chez Oculus. En comparant les données issues de nos différentes mesures, nous n'avons pas mis en évidence de modifications de la topographie cornéenne entre les mesures effectuées à des temps différents de manière statistiquement significative, mais il y aurait quand même une impression de variation. Cela nous amène à supposer qu'il reste nécessaire de demander aux patients de retirer leurs lentilles sclérales 72 heures avant l'examen ophtalmologique permettant le suivi de leur pathologie de par la modification topographique engendrée par la lentille de type SPOT.

Une étude clinique prospective incluant davantage de patients serait nécessaire pour affirmer que la lentille sclérale entraîne une modification topographique.

Annexes figures

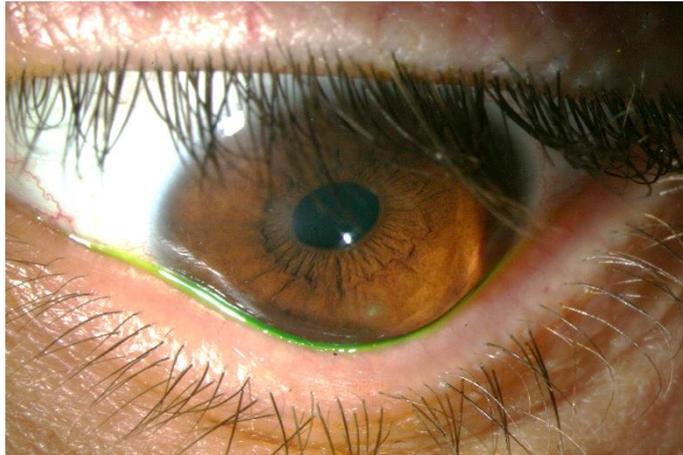


Figure 15. *Signe de Munson. Cliché réalisé à l'hôpital Edouard Herriot*

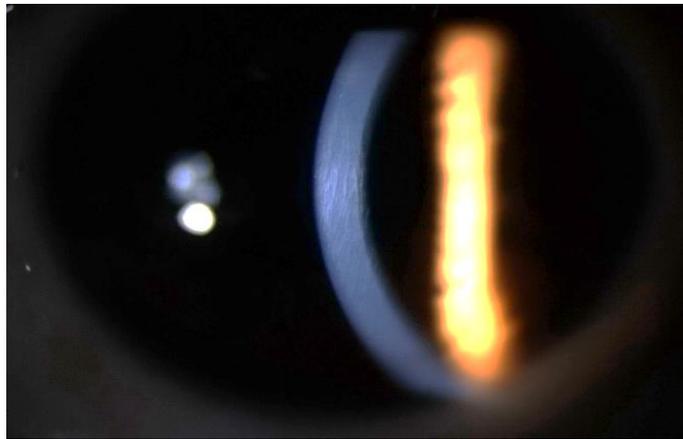


Figure 16. *Stries de Vogt. Cliché réalisé à l'hôpital Edouard Herriot*

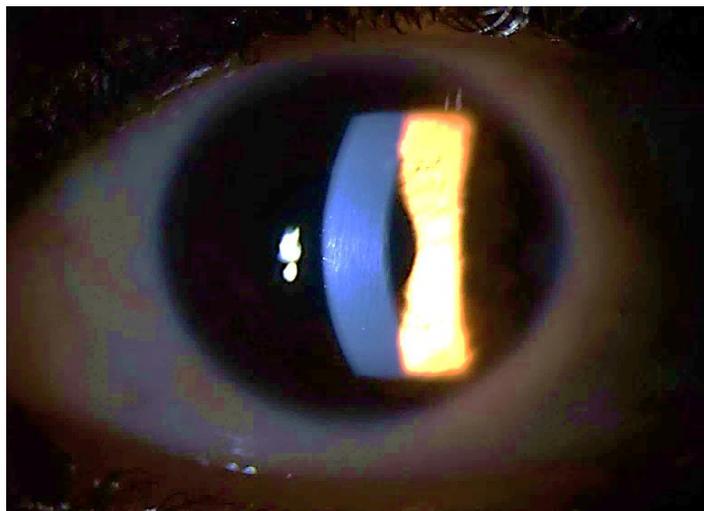


Figure 17. *Signe de bombement. Cliché réalisé à l'hôpital Edouard Herriot*

Formulaire de consentement pour le patient

Je soussigné(e) (Nom prénom)..... Certifie avoir lu et compris la note d'information qui m'a été remise.

J'ai eu la possibilité de poser les questions que je souhaitais aux examinateurs qui m'ont expliqué la nature, les objectifs, les risques potentiels et les contraintes liées à ma participation à cette recherche.

Je connais la possibilité qui m'est réservée d'interrompre ma participation à cette recherche à tout moment sans avoir à justifier ma décision et je ferai mon possible pour en informer la personne qui me suit dans la recherche. Cela ne remettra naturellement pas en cause la qualité des soins ultérieurs.

J'accepte que les personnes qui collaborent à cette recherche ou qui sont mandatées ainsi que éventuellement le représentant des autorités de santé, aient accès à l'information dans le respect le plus strict de la confidentialité.

J'accepte que les données enregistrées à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'un traitement informatisé.

J'ai bien noté que, conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, je dispose d'un droit de rétraction. Je dispose également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées. Ces droits s'exercent auprès de la personne qui me suit dans le cadre de cette recherche et qui connaît mon identité.

Mon consentement ne décharge pas l'investigateur de sa responsabilité à mon égard. Je conserve tous mes droits à l'égard de la loi.

Les résultats de cette recherche me seront communiqués directement, si je le souhaite, conformément à la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé

Ayant disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche.

Je pourrais demander des informations complémentaires à la personne qui m'a proposé cette enquête par mail :

Fait à Lyon le

Signature

Figure 18- *Consentement à signer par les patients participant à l'étude*

Tableau 4 - Référentiel des patients

Référentiel des patients

Nom du patient	Numéro	œil D ou G	Groupe	Sexe	Age	Stade du kératocône	Recueil de topographe	antécédents de ccs
SANCAR Sanyo	1	D	2	F	30	2		N
SANCAR Sanyo	2	G	2	F	30	2		N
TRAP Aurélie	3	D	2	F	25	2		N
TRAP Aurélie	4	G	2	F	25	2		N
SORLIAN Robin	5	D	4	M	29	4		N
SORLIAN Robin	6	G	4	M	29	4		O
CANONGU Alexandre	7	D	2	M	30	2		N
CANONGU Alexandre	8	G	2	M	30	2		N
MASSON Achvin	9	D	3	M	35	2		N
MASSON Achvin	10	G	3	M	35	2		N
FAURE Flore	11	D	3	F	44	3		N
FAURE Flore	12	G	3	F	44	2		N
SOUDA Lamira	13	D	2	F	42	2		O
SOUDA Lamira	14	G	2	F	42	2		O
SENEVE Lucas	15	D	2	M	33	3		N
SENEVE Lucas	16	G	2	M	33	3		N
TRIBAULT Tanguy	17	D	1	M	21	0		N
TRIBAULT Tanguy	18	G	1	M	21	0		N
MARTIN Lionel	19	D	1	M	33	0		N
MARTIN Lionel	20	G	1	M	33	0		N
NOICARD Camille	21	D	1	F	21	0		N
NOICARD Camille	22	G	1	F	21	0		N
BNACHIN Amal	23	D	3	F	29	2		N
BNACHIN Amal	24	G	3	F	29	2		O
MIRIE Christèle	25	D	2	F	38	2		N
MIRIE Christèle	26	G	2	F	38	4		N
SAUTREC Laurène	27	D	1	F	21	0		N
SAUTREC Laurène	28	G	1	F	21	0		N
BISMUTH Romano	29	D	2	F	23	2		N
BISMUTH Romano	30	G	1	F	23	0		N
LAVIROU Mehdi	31	D	1	M	37	0		N
LAVIROU Mehdi	32	G	4	M	37	2		N
CARTIER Cecile	33	D	3	F	36	2		N
CARTIER Cecile	34	G	3	F	36	2		N
SFAURF Fabrice	35	D	4	M	22	2		O
SFAURF Fabrice	36	G	4	M	22	2		O
PINTI Alexandra	37	D	3	M	29	1		N
PINTI Alexandra	38	G	3	M	29	3		N
NANOU Romain	39	D	3	M	24	1		N
NANOU Romain	40	G	3	M	24	1		N
DUFARD Virgine	41	D	2	F	48	2		O
MAISONNETTE Brice	42	D	3	M	24	1		N
MAISONNETTE Brice	43	G	3	M	24	2		O
FAURE Eloise	44	D	2	F	44	3		N
FAURE Eloise	45	G	2	F	44	2		N
SILVYSTE Thibaud	46	D	2	M	30	2		N
SILVYSTE Thibaud	47	G	2	M	30	1		N
RESINTI Justine	48	D	1	F	24	0		N
RESINTI Justine	49	G	1	F	24	0		N
HARON Aizels	50	D	1	M	28	0		N
HARON Aizels	51	G	1	M	28	0		N
DROULAS Charlie	52	D	1	M	28	0		N
DROULAS Charlie	53	G	1	M	28	0		N
DUCHANET Salomé	54	D	1	F	24	0		N
DUCHANET Salomé	55	G	1	F	24	0		N
FACOURIAN Steve	56	D	4	M	33	2		O
FACOURIAN Steve	57	G	4	M	33	1		O
JANET Olivier	58	D	3	M	22	1		N
JANET Olivier	59	G	3	M	22	2		N
RAMNOUOH Camille	60	D	2	F	27	2		N

Légende :

- Groupe 1 : Groupe sain, groupe 2 : KC sans lentilles, groupe 3 : KC LRPG, groupe 4 : KC SPOT
- M : homme F : femme
- D : droit G : gauche
- O : oui N : non

Tableau 5 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, première série de mesures

Numéro	K1 (topo 1)	K2 (topo 1)	Kmoyenne (topo 1)	Kmax (topo 1)	Pachymétrie centrale (topo 1)	Axe de l'astigmatisme (topo 1)	Diamètre pupillaire
1	44,5	47,4	45,9	52,8	484	14,2	3,65
2	45,1	45,7	45,4	48,3	497	137,7	3,21
3	43,1	45,9	44,5	48,6	485	13,9	4
4	43,6	47	45,2	50	485	164	4,15
5	45,6	49,6	47,5	61,2	528	35,4	2,39
6	45,1	48,5	46,7	58,7	533	151,8	2,98
7	43,4	45,6	44,5	49,9	484	7,4	3,69
8	45,3	48,2	46,7	43,9	466	1,2	2,96
9	47,5	51,5	49,4	55,2	462	42,4	4,19
10	46,6	51,1	48,7	56,3	472	170,3	3,92
11	44,2	44,9	44,5	49,2	458	180	3,47
12	50,1	52,4	51,2	60,1	402	172,8	3,16
13	42,5	51,5	49,4	57,7	423	8,5	2,86
14	52	52,2	52,1	58,5	378	105,4	2,72
15	45,2	54,3	49,4	67	479	1,3	5,1
16	45,4	53,4	49	65	466	1,8	4,76
17	41,1	41,9	41,5	42,2	557	177	3,67
18	41,4	42,2	41,8	42,6	559	5,1	3,04
19	42,5	43,4	42,9	44,2	557	171,2	2,29
20	42,9	43,9	43,4	44,7	555	3,7	2,44
21	43,3	44,4	43,8	45	550	2,7	3,08
22	44,1	44,8	44,5	45,7	549	170	2,4
23	45,5	48,1	46,8	52,1	478	41,4	3,57
24	48,8	51,9	50,3	57,1	438	135,9	4,37
25	43,7	47,2	45,4	52,4	467	75,9	2,97
26	50,8	55	52,8	61,5	378	80,2	3
27	44	45,7	44,8	46,3	557	176,4	2,75
28	43,8	45,5	44,7	46,2	552	171,5	2,63
29	44,9	46,6	45,7	50,4	426	29,5	3,46
30	44,7	46,2	45,4	47,6	461	161,3	2,9
31	42,3	42,8	42,5	43,4	520	23,5	2,67
32	43,8	50,3	46,8	60	482	23,8	2,41
33	45,3	50,7	47,8	55,2	489	50,9	4,68
34	43,5	47,4	45,4	48,7	532	122,7	4,43
35	43,3	48,4	45,7	52,7	474	173,5	3,78
36	45	50,6	47,6	55,6	466	9,3	4,67
37	43,1	43,7	43,4	50,5	522	58,4	1,97
38	48,6	50,7	49,7	59,9	431	53	2,39
39	46,1	48,1	47,1	51,8	555	137,6	2,64
40	45,5	48,2	46,8	51	567	57,3	2,62
41	44,7	45,7	45,2	46,7	473	73,1	3,38
42	44,7	45,7	45,2	46,7	473	73,1	3,38
43	49,8	51,3	50,5	54,9	446	166,9	3,39
44	44,4	45,1	44,7	49,2	469	182,7	3,51
45	50,3	51,8	51	59,3	429	185,6	3,08
46	43,7	46,3	44,9	59,2	437	38,9	4,08
47	42,8	43,5	43,2	44,6	483	169,3	3,78
48	43,7	46,9	45,2	47,1	533	191,5	3,02
49	45	47,1	46	47,7	548	171,6	3,07
50	40,6	41,1	40,9	41,6	573	75	2,9
51	40,5	41,3	40,9	41,6	577	104,6	2,67
52	41,2	41,8	41,5	43,1	511	20,2	3,56
53	41,3	41,8	41,6	42,4	519	157,6	3,22
54	42,7	44,1	43,4	44,6	619	178,6	3,49
55	42,9	44,2	43,6	45,1	611	178,4	2,94
56	47,3	50,2	48,7	56,9	475	179,9	3,62
57	42	43,1	42,5	49	536	108,5	3,7
58	42	42,6	42,3	44	502	179	3,69
59	43	44,8	43,9	49,1	470	162,1	3,38
60	44,4	50	47,1	47,2	466	177,5	3,63
61	45,3	51	48	58,7	473	180,3	3,26
62	47,4	49,4	48,4	58	500	160,6	2,89
63	53,9	57,2	55,5	59,2	397	165,6	2,71
64	39,7	40,5	40,1	40,9	558	173,8	2,33
65	39,8	40,8	40,3	41,2	562	179,5	2,61
66	45,1	48,2	46,6	52,5	449	37,6	3,56
67	47,2	50,7	48,9	58,2	423	115,6	3,73
68	54,5	60,4	57,3	68,6	440	4,8	3,89
69	48,9	53,2	51	62,5	498	174,6	3,63
70	44,9	45,7	45,3	47,1	504	13,6	2,79
71	45,4	50,9	48	61,6	433	105,4	3,22
72	45	46,7	45,8	53,1	424	46,6	3,26
73	53,5	54,6	54,1	64,8	373	173,7	3,46
74	43,3	48,6	45,8	52,6	464	80,7	3,49
75	68,8	70,2	70	91	336	149,3	3,36
76	47,5	49,8	48,6	55,9	509	33,3	2,66
77	54,4	58,4	56,3	62,7	441	124,7	3,7
78	38,7	41,3	39,9	45,3	508	91	2,99
79	48	52,8	50,3	61,5	394	179,3	3,3
80	44,8	51,3	47,8	59,9	418	169,1	3,5

Tableau 6 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, deuxième série de mesures

K1 (topo 2)	K2 (topo 2)	Kmoyenne (topo 2)	Kmax (topo 2)	Pachymétrie centrale (topo 2)	Axe de l'astigmatisme (topo 2)	Diamètre pupillaire
44,3	47,2	45,7	52,3	489	13,3	3,48
44,9	45,6	45,3	47,8	503	147	3,5
43,3	46,4	44,8	49,3	488	13	3,92
43,4	47	45,1	50,3	484	161,3	3,58
45,6	49,7	47,6	61,2	523	37	2,46
43,9	48,1	45,9	58,8	529	144,5	2,65
43,3	45,6	44,4	49,9	490	7,1	3,51
45,3	48,1	46,7	53,1	474	8,5	2,93
47,4	51,5	49,4	55,7	466	42,7	4,06
46,4	51,1	48,6	56,7	469	171,2	3,67
44,1	44,7	44,3	48,9	461	178,1	3,43
50,5	52,4	51,4	59,8	411	173,5	3,08
48,6	52,5	50,5	59,4	417	4	3,02
48,7	50,9	49,8	56,8	404	156,4	2,69
46	53,9	49,7	64	488	0,3	4,89
45,8	53,1	49,2	64,9	470	6,3	4,53
41,1	41,9	41,5	42,4	557	9,3	3,29
41,2	42,1	41,6	42,7	555	9,3	3,23
42,5	43,4	43	44,6	555	177,8	2,41
42,9	44	43,5	44,9	556	8,3	2,46
43,5	44,4	44	45	551	8	2,85
43,9	44,8	44,3	45,6	548	171,7	2,87
45,9	48,5	47,2	51,7	488	44,1	3,5
48,5	51,7	50,1	56,7	440	128,1	3,88
43,5	47,3	45,4	52,5	477	72,7	2,59
50,3	54,7	52,4	61,7	377	79,5	2,81
44,1	45,6	44,9	46,3	554	176,3	2,71
43,8	45,6	44,7	46,4	551	170,7	2,61
44,9	46,9	45,9	50,8	428	39,8	3,42
43,5	45,7	44,6	47,2	448	160,2	2,88
42,2	42,8	42,5	43,3	522	42,8	2,86
43,2	49,8	46,2	60,3	483	21,7	2,41
45,1	50,8	47,8	55,6	480	54,7	4,51
43,4	47,2	45,2	48,5	539	121,1	4,2
43,1	48,1	45,5	53	471	174,5	3,57
44,6	50,4	47,3	55,8	465	8,7	4,48
43,1	43,7	43,4	50,8	525	40,3	1,89
48,3	51,8	50	60,2	432	57,3	2,33
46	47,7	46,9	51	556	136,5	2,62
45,5	48,1	46,7	50,8	561	62,6	2,51
44,9	45,7	45,3	46,8	482	74,9	3,65
43,1	43,6	43,3	44,9	537	31,5	3,34
49,8	51,3	50,6	55,4	452	149,5	3,16
45,5	48,1	46,7	50,8	561	62,6	2,51
44,9	45,7	45,3	46,8	482	74,9	3,65
43,1	43,6	43,3	44,9	537	31,5	3,34
49,8	51,3	50,6	55,4	452	149,5	3,16
44,5	45,2	44,8	48,8	477	175,3	3,34
50,4	52	51,2	59,8	426	187,5	2,9
44,4	46,9	45,6	59,9	431	40,7	4,13
42,9	43,5	43,2	44,6	489	173	3,53
44,1	47	45,5	48	545	182,4	2,6
45	47,2	46	47,8	545	173,7	3
40,5	41	40,8	41,3	571	79,7	2,92
40,4	41,1	40,7	41,3	577	104,7	2,72
41,1	41,8	41,5	43,2	509	11,5	3,46
41,2	41,6	41,4	41,9	516	161,3	3,56
42,7	44	43,3	44,6	613	182,7	3,43
42,9	44,4	43,6	45	613	177,6	2,74
47,6	50	48,8	56,8	486	175,3	3,39
41,8	43,4	42,6	49	535	110,4	3,59
42	42,7	42,4	43,9	503	174,3	3,56
43	45	44	49,1	467	165,8	3,42
44,6	50,4	47,3	57,2	467	176,1	3,52
45,4	50,8	48	58,4	474	182,4	3,03
47,1	48,6	47,8	60,2	505	168,1	2,85
53,8	57,3	55,5	59,2	390	164,8	2,86
39,6	40,3	39,9	40,8	561	183,3	2,55
39,8	40,7	40,3	41,2	569	183,3	2,23
44,9	48,2	46,5	52,3	455	43,4	3,56
47,6	51,8	49,4	57,9	429	113,1	3,54
54,4	61,4	57,7	69,9	436	2,3	3,92
48,6	53,2	50,8	62,7	484	172,5	3,13
45	45,6	45,3	47,1	495	2,9	2,72
46,3	50,3	48,2	62,4	429	103,6	3,04
44,9	46,7	45,8	43,4	428	61,1	3,28
53,6	54,5	54	64,6	372	170,2	3,53
43,4	48,7	45,9	52,1	450	74,4	3,38
68,6	69,7	69,1	90,5	347	146,9	3,33
47,1	50,1	48,6	56,8	500	37	2,98
54,1	58	56	62,2	442	137,1	3,51
39,7	41,2	40,5	45,4	499	96	3,05
48,1	52,5	50,2	61,5	399	181,9	3,3
44,9	51,4	47,9	59,6	420	169,7	3,29

Tableau 7 - Recueil des topographies : consultation avec ablation directe de la lentille si port de lentille, troisième série de mesures

K1 (topo 3)	K2 (topo 3)	Kmoyenne (topo 3)	Kmax (topo 3)	Pachymétrie centrale (topo 3)	Axe de l'astigmatisme (topo 3)	Diamètre pupillaire3
44,6	47,5	46	52,4	489	9,2	3,77
45,2	45,6	45,4	47,8	502	127,2	3,4
43	46	44,3	48,6	484	15,1	4,09
43,5	47,1	45,2	50,8	486	162,6	3,7
46,1	49	47,3	60,8	537	39,5	2,5
44,3	48,4	46,3	59,1	535	151,4	2,68
43,2	45,6	44,4	49,8	488	1,9	3,5
45,4	48,2	46,8	53,7	465	4,3	3,03
47,6	51,3	49,4	55,3	465	45,7	4,29
46,4	51,1	48,8	56,3	471	168,3	3,62
43,9	44,7	44,3	49,2	457	177,7	3,35
50,5	52,4	51,4	59,9	404	173,8	3,43
47,3	52	49,6	58,2	429	6,2	2,72
49,2	51,8	50,4	58,9	404	168,8	2,73
45	54,1	49,1	66,4	478	0,9	4,9
45,5	42,9	48,9	64,7	470	5,8	4,78
41,1	41,8	41,5	42,2	561	1,3	3,03
41,3	42,2	41,7	42,7	555	5,3	2,7
42,5	43,3	42,9	44,1	553	172,1	2,5
42,9	44	43,3	45	561	6,2	2,46
43,4	44,2	43,9	44,9	548	8,6	2,68
43,9	44,7	44,3	45,6	551	1168,8	3,05
45,9	48,4	47,1	52,1	481	40,2	3,72
48,8	52,1	50,4	57,2	434	129,9	3,81
43,4	47,1	45,2	52,2	471	77	2,8
49,9	54,2	52	60,1	377	85	3,16
43,9	45,7	44,7	46,3	556	176,5	2,62
43,9	45,6	44,7	46,2	550	168,3	2,62
44,8	46,5	45,6	50,1	432	34,3	3,16
43,9	45,4	44,7	46,3	446	156,6	2,89
46,3	46,9	46,6	48,2	520	23,2	2,69
43,2	49,3	46,1	59,9	482	20,8	2,47
45,3	50,8	47,9	55,1	476	51,8	4,53
43,4	47	45,1	48,1	539	120,4	4,06
43,1	48	45,4	52,8	465	175,1	3,64
44,7	50,5	47,4	55,6	467	8,1	4,31
43,5	43,7	43,6	51,3	514	31,6	2,35
48,1	50,9	49,4	60,2	429	66	2,16
46	48,1	47	51,7	556	130,8	2,66
45,6	48,2	46,9	51	572	57,9	2,48
45,1	45,7	45,4	46,8	476	84,8	3,59
43,11	43,6	43,31	44,71	5311	32,91	3,4
49,9	51,2	50,6	54,9	448	168,3	3,58
44,5	45,2	44,9	49	470	176,6	3,3
52,2	51,9	51,1	59,4	419	179,8	3,17
44	47	45,5	49,6	436	43,6	4,11
43	43,6	43,3	44,6	489	182,1	3,94
44,6	47,3	46	48,5	554	179,8	2,63
44,9	46,9	45,9	47,2	551	173,9	2,78
40,7	41,1	40,9	41,5	571	72,6	2,94
40,3	41,2	40,8	41,4	574	98,3	2,75
41,2	41,7	41,5	42,9	505	19,4	63,61
41,2	41,6	41,4	41,8	517	158,5	3,46
42,8	44	43,4	44,7	609	176,2	3,31
43	44,4	43,7	45,1	619	172,1	2,8
47,1	50,4	48,7	56,8	467	178	3,35
41,8	43,3	42,6	48,7	540	107,8	3,34
42	42,7	42,3	44	503	175	3,51
43	44,7	43,8	49,1	475	165,8	3,43
44,5	50,1	47,1	56,9	465	175,3	3,3
44,9	50,9	47,7	59,4	470	178,2	3,24
46,9	50,9	48,8	59	493	155,2	2,77
53,8	57,5	55,6	59,7	392	175,8	2,91
39,6	40,3	40	40,5	559	173,6	2,55
39,9	40,6	40,3	41	566	181	2,28
44,8	48,4	46,5	52,4	454	46,1	3,55
47,8	50,5	49,1	58	422	122,6	3,88
54,2	60,7	57,3	70	428	3,9	4,54
48,3	53	50,5	62,5	493	174,3	3,07
45,1	45,5	45,3	47,1	496	10,7	2,72
46,9	50,8	48,8	63,2	431	97,7	3,2
45,1	46,9	45,9	54	417	50,6	3,24
53,8	54,2	54	64,1	376	183,6	3,24
43,3	48,6	45,8	52,2	447	74,3	3,4
69,1	71,7	70,3	90,5	334	162,9	3,34
47,3	50,2	48,7	56,7	505	36	2,95
54,1	58,1	56	62,2	446	127,6	3,48
38,6	41,1	39,8	44,9	512	89,3	2,87
47,3	52,2	49,6	61,8	399	175,7	3,25
45,1	51,2	47,1	59,1	418	169,1	3,2

Tableau 8 - Recueil des topographies : consultation avec ablation de la lentille 72 heures avant si port de lentille, première série de mesures

Numéro	K1 (topo 1)	K2 (topo 1)	Kmoyenne (topo 1)	Kmax (topo 1)	Pachymétrie centrale (topo 1)	Axe de l'astigmatisme (topo 1)	Diamètre pupillaire
1	44,4	47,2	45,8	51,7	498	10,8	3,63
2	45	45,5	45,2	47,9	505	155	3,42
3	43	45,5	44,2	48,4	473	14,4	4,5
4	43,5	46,7	45,1	50,1	476	162,6	4,31
5	45,9	49,8	47,8	62,2	500	35,4	2,49
6	45,1	49,3	47,1	60,3	508	151,8	2,45
7	43,2	45,7	44,4	50,1	484	10,3	3,24
8	45,4	48,6	46,9	53,8	467	4,7	2,83
9	47	51,6	49,2	55,6	461	42,2	3,6
10	46,1	51,5	48,7	56,4	466	160	3,57
11	44,4	45,1	44,7	49,7	461	179	3,01
12	50,8	53	51,9	61,7	411	170,7	3,16
13	48,1	51,1	49,6	57,7	418	6,2	2,99
14	48,4	50,9	49,6	56,5	399	155,6	2,53
15	45,1	54,2	49,2	66,2	479	2,4	5,26
16	45,3	53,2	48,9	64,1	467	4,4	4,98
17	41,1	41,9	41,5	42,5	552	3,5	3,58
18	41,3	42,1	41,7	42,6	554	1,4	3,14
19	42,3	43,4	42,9	44,6	557	175,6	2,64
20	42,5	44,1	43,3	44,9	549	171,5	2,65
21	43,5	44,4	44	45,3	552	3,7	3,23
22	44,1	44,9	44,5	45,9	549	165,8	2,98
23	45	48,1	46,5	53,2	463	49,6	3,55
24	48,8	51,6	50,2	58,2	441	133,1	4,02
25	43,5	46,7	45,1	51,8	468	76,8	3,08
26	50	54,3	52	60,3	371	90,6	2,89
27	44,1	45,7	44,9	46,2	560	175,1	3
28	44	45,8	44,9	46,6	567	175,1	2,81
29	44,8	46,7	45,7	50,5	429	38,2	3,1
30	43,7	45,6	44,6	46,9	447	159,6	2,91
31	42,3	42,8	42,6	43,3	520	15	3,14
32	44	49,9	46,8	60,9	486	16,5	2,7
33	45,2	51,4	48,1	54,8	485	54,9	4,43
34	45,3	48,9	46,3	50,8	497	121,4	4,4
35	43,4	48,9	46	53,5	458	173,8	4,4
36	45,4	50,9	48	56,6	450	10,6	3,95
37	43,3	44,4	43,8	51,8	500	28,1	2,16
38	49,6	51,6	50,6	60,8	444	41,4	2,45
39	45,9	48,4	47,1	52,2	567	129,5	2,84
40	45,2	48,2	46,7	51,4	572	59,8	2,5
41	44,7	45,6	45,1	46,7	467	76,2	3,13
42	43,3	44,5	43,9	46,1	530	26,6	3,35
43	48,6	51,3	49,9	55,8	453	134,9	3,46
44	44,4	45,1	44,7	49,7	461	174,5	3,01
45	50,8	53	51,9	61,7	411	170,7	3,16
46	43,3	47,3	45,2	59,9	422	35	4,09
47	42,9	43,5	43,2	44,5	488	164,4	4,46
48	44,5	47,4	45,9	47,6	546	3,2	2,46
49	44,9	47,1	46	47,5	543	173,4	2,93
50	40,8	41,2	41	41,7	570	80,2	2,96
51	40,7	41,4	41	41,8	570	104,4	2,95
52	41,2	41,6	41,4	42,7	513	11,1	3,02
53	41,1	41,6	41,4	42,1	515	164	3,54
54	42,8	44,1	43,5	44,7	611	176,6	3,78
55	43	44,4	43,7	45	612	175,2	3,17
56	47,8	51,9	49,8	57,5	449	182,3	3,31
57	43,1	44,4	43,7	51,1	493	124,3	3,02
58	42	42,8	42,4	45,2	492	169,8	3,12
59	43,2	45,3	44,2	51,1	469	171,2	3,2
60	44	50,1	46,9	58,1	466	174	4,01
61	45,1	50,8	47,8	59,8	460	176,3	3,32
62	47,1	48,5	47,8	62,7	482	161,9	2,92
63	55,3	60,6	57,8	65,1	399	171,8	2,71
64	39,7	40,3	40	40,7	557	181,8	2,86
65	39,9	40,7	40,3	41,2	560	184,6	2,36
66	45,6	48,8	47,2	52,6	445	44,1	3,75
67	47,4	50,1	48,7	57,9	408	118,7	3,84
68	55	61,3	58	68,8	431	1,5	3,42
69	49,4	53,6	51,4	63,7	474	176	2,98
70	45,3	45,8	45,5	47,4	485	27,7	3
71	46,1	52,3	49	61,2	442	104,3	3,53
72	45	46,8	45,9	53,8	422	52,4	3,76
73	53,9	55,1	54,5	66,1	365	172,2	3,46
74	43,2	48,2	45,5	51,7	437	76,4	3,25
75	67,1	70,1	68,5	88,6	312	172,1	3,18
76	47	50,2	48,6	56,9	492	31,5	2,96
77	53,9	58,4	56	63,5	444	135,6	2,97
78	39,1	41,3	40,2	45,6	496	88,8	3,1
79	49	52,5	50,7	61,9	394	165,7	3,6
80	45,1	52,7	48,6	61,2	418	169,4	3,12

Tableau 9 - Recueil des topographies : consultation avec ablation de la lentille 72 heures avant si port de lentille, deuxième série de mesures

K1 (topo 2)	K2 (topo 2)	Kmoyenne (topo 2)	Kmax (topo 2)	Pachymétrie centrale (topo 2)	Axe de l'astigmatisme (topo 2)	Diamètre pupillaire
44,3	47,3	45,7	52,2	492	11,3	3,42
45	45,5	45,2	48,1	497	147,5	3,48
43	45,8	44,4	48,1	476	16,1	4,79
43,4	46,3	44,8	49,6	479	160,8	4,25
46,2	49,1	47,6	62,1	512	46,1	2,46
45,1	49,2	47	59,8	551	153,8	2,27
43,1	45,7	44,4	49,9	483	8,9	3,17
45,5	48,9	46,9	53,2	471	6,1	3,13
46,9	51,8	49,1	54,7	456	42,7	3,68
46,1	51,3	48,6	56,5	473	158,7	3,3
44,4	45	44,8	49,7	464	169,8	3,11
50,6	52,8	51,7	61,4	4,7	176,4	3,08
47,9	51,2	49,5	58,1	422	5,3	2,97
49,1	50,7	49,9	56,9	395	161,4	2,78
45	54,1	49,1	66	482	2,3	5,08
44,4	53,1	48,3	64,1	467	4,4	5,11
41,2	41,9	41,6	42,2	560	1,8	3,27
41,2	42,3	41,8	43	555	4,2	3,27
42,3	43,3	42,8	44,1	553	175	2,49
42,8	44,1	43,5	44,7	554	173,2	2,41
43,4	44,4	43,9	45,2	554	7,8	2,6
44,1	44,8	44,5	45,6	554	164,9	2,97
45,6	48,3	46,9	52,9	469	41,2	3,83
48,8	52,3	50,5	58	427	134,4	4,28
43,4	46,4	44,9	51,4	469	79,6	3,18
50,4	54,2	52,2	60,8	367	82,1	3,04
44	45,7	44,8	46,2	568	177,3	2,84
43,9	45,7	44,8	46,3	561	172,4	2,5
44	46,7	45,3	51,2	430	39,3	3,29
44,6	46,2	45,4	48,2	459	170,6	2,73
42,3	42,9	42,6	43,2	524	19,5	2,95
44	50,7	47,1	61,1	488	17	2,32
45,2	51,6	48,2	55,2	420	54,8	4,28
43,6	48,5	45,9	50,2	502	121	4,35
43,4	49,2	46,1	54,2	452	174,2	4,07
45	50,8	47,8	57,2	447	8,7	3,96
43,6	43,8	43,7	52	511	21	2,08
50	51,7	50,8	61,8	450	45,8	2,23
45,9	48,5	47,2	52,8	560	128,8	2,74
45,1	48,2	46,6	51,3	565	62,5	2,51
44,9	45,7	45,3	47,1	484	76,3	3,07
43,3	44,3	43,9	45,8	527	29,1	2,97
48,9	51,4	50,1	55,5	443	132	3,45
44,4	45	44,7	49,7	464	169,8	3,11
50,6	52,8	51,7	61,4	407	176,4	3,08
44,3	47,3	45,8	59,6	423	44,1	4,05
43	43,5	43,3	44,6	487	165,1	4,44
44,5	47,3	45,9	47,6	541	1,4	3,03
44,8	47	45,9	47,4	550	173,2	3,03
40,8	41,2	41	41,8	573	73,3	3,23
40,6	41,4	41	41,9	584	104,9	2,85
41,2	41,6	41,4	42,7	506	12,4	3,25
41,2	41,7	41,4	42,8	513	175,3	3,57
42,9	44,1	43,5	44,7	611	178,8	3,72
42,9	44,4	43,7	45	616	175,4	3,23
47,7	51,9	49,7	57,3	442	180,3	3,14
43	44,1	43,6	51	497	120,1	3,11
42,1	42,9	42,5	45,1	496	173,5	3,18
43,2	45,2	42,4	51,1	470	171	3,13
44,2	50,2	47	57	470	176,6	3,58
45	50,7	47,7	61,2	463	176	2,94
46,8	50,1	48,4	58,1	498	179	2,7
55,1	59,4	57,1	63	402	164,1	2,55
39,6	40,3	40	40,5	558	177,3	2,55
39,8	40,7	40,2	41	564	177,4	2,24
45,4	48,8	47,1	52,6	439	43,3	3,5
47,4	50,1	48,7	57,9	412	116,5	3,45
54,3	62,9	58,3	70,9	419	4	3,68
48,9	53,8	51,2	64,4	471	175,6	3,14
45,1	45,5	45,3	47,8	482	10,9	2,93
47,1	49,9	48,5	61	449	103,8	3,15
44,7	46,9	45,8	53,8	413	50,7	3,6
53,4	55	54,2	66,1	360	175,3	3,58
43,3	84,4	45,7	52	432	75,3	3,15
66,7	69,7	68,1	89,4	309	173,5	3,25
46,7	50,2	48,4	56,3	497	34,8	3,11
54,6	58,6	56,8	63,6	441	130,4	2,91
39,5	41,4	40,4	45,8	501	89,1	3,22
49,1	52	50,5	62,1	395	162,9	3,27
45,2	52,3	48,5	61	418	168,6	2,94

Tableau 10 - Recueil des topographies : consultation avec ablation de la lentille 72 heures avant si port de lentille, troisième série de mesures

K1 (topo 3)	K2 (topo 3)	Kmoyenne (topo 3)	Kmax (topo 3)	Pachymétrie centrale (topo 3)	Axe de l'astigmatisme (topo 3)	Diamètre pupillaire2
44,2	47	45,6	51,8	488	16,2	3,48
45	45,5	45,3	48,2	496	64,1	3,61
43	45,7	44,3	48	482	18,6	5,04
43,6	46,7	45,1	49,2	483	163,9	4,14
45,5	49,6	47,5	61,7	512	46,1	2,42
45	49,1	46,9	60,1	505	150,8	2,41
43,3	45,5	44,4	49,5	4887	8,7	3,22
45,7	48,5	47,1	53,6	479	7,3	3,44
46,9	51,6	49,1	54,7	456	42,7	3,47
46,3	51,3	48,7	56,1	474	16,3	3,32
44,3	45,3	44,8	50	463	180,9	3,01
50,8	52,7	51,8	61,1	409	178,7	3,03
48,4	51,9	50,1	41,7	425	6,3	2,78
49,5	51	50,3	57	401	166,1	2,51
45,3	53,7	49,2	64,2	490	1,3	5,17
45,6	53,4	49,2	64,6	674	5,8	4,76
41,2	42	41,6	42,6	557	1	3,37
41,2	42,1	41,7	42,5	551	2	2,98
42,4	43,2	42,8	43,9	556	173,9	2,4
42,8	44,1	43,4	44,8	550	181,9	2,5
43,3	44,4	43,9	44,9	551	8,8	2,78
44,1	44,9	44,5	45,7	552	167,5	2,78
45,7	48,6	47,1	53,3	462	41,2	3,67
48,9	52,1	50,4	57,6	433	128,9	3,14
43,3	46,9	45	53,3	477	83,5	2,81
43,6	46,7	45,1	51,4	472	81,9	2,65
44	45,6	44,8	46,3	562	177,1	2,65
43,8	45,5	44,7	46,1	560	172	2,44
44,4	47,2	45,8	51,9	430	41	30,4
44,1	45,9	45	46,3	452	168,7	2,63
42,3	42,8	42,6	43,3	525	14,9	2,71
43,5	50,3	46,6	60,6	487	17,6	2,43
45,2	51,6	48,2	54,9	480	55,7	4,46
43,6	48,4	45,9	50,1	500	120	4,5
43,5	49	46,1	54	453	173	4
44,7	50,9	47,6	57,5	447	9,2	3,66
43,5	44	43,8	51,5	509	34,6	2,14
49,8	51,3	50,5	61,2	441	44,3	2,25
45,9	48,5	47,1	52,8	562	130,3	2,82
44,9	48,5	46,6	52	562	65,8	2,62
44,7	45,7	45,2	47	473	74,6	3
43,3	44,1	43,7	45,7	21	24,3	3,25
42,7	51,2	49,9	55,6	437	135,5	3,61
44,3	45,3	44,8	50	463	180,9	3,01
50,8	52,7	51,8	61,1	409	178,7	3,03
44,3	46,8	45,5	61,3	419	32,5	4,57
42,9	43,5	43,2	44,4	488	163,3	4,32
44,3	47	45,6	47,3	548	4	2,99
44,9	46,9	45,9	47,2	540	174,8	2,98
40,8	41,1	41	41,4	575	64,9	3,27
40,6	41,4	41	41,8	570	105,5	2,85
41,2	41,7	41,4	43	506	15,3	3,4
41,1	41,5	41,3	41,9	515	155,1	3,43
42,7	44	43,4	44,8	605	171,4	3,48
43	44,4	43,7	45	615	175	3,14
47,9	51,7	49,7	57,5	448	180	2,94
43,2	44,5	43,8	51,4	495	112,5	3,03
42	42,7	42,4	45,1	500	176,7	3,12
43,3	45,3	44,3	50,9	470	167,6	3,16
44	50,1	46,9	58,6	461	177,7	3,47
44,8	51	47,7	60,4	465	178,2	3,16
46,8	50,4	48,5	59,3	483	157,4	2,87
55,2	59	57,1	61,7	388	163,9	2,77
39,7	40,3	40	40,6	561	179,7	2,67
39,8	40,6	40,2	41,1	561	180,1	2,44
45,6	48,6	47,1	52,6	442	43,9	3,33
47,5	50,3	48,9	57,9	412	108,2	3,61
55,2	61,1	58	68,6	434	3	3,45
48,9	54	51,3	64,5	468	172,7	2,91
45,2	45,8	45,5	47,4	494	10,3	2,77
45,7	51,2	48,3	61,1	449	102,5	3,12
44,6	46,7	45,6	53,8	422	55,7	3,47
53,7	54,7	54,2	66	369	177,8	3,52
43	48,5	45,6	51,7	440	78,6	3,15
66,4	70,2	68,3	88,3	315	168,4	3,12
47	50	48,5	56,2	493	33,7	2,9
54,2	58,6	56,3	63,9	442	139	3,08
39,1	41,6	40,3	45,8	504	85,1	3,49
48,6	52,8	50,6	61,8	395	168,4	3,27
45,1	51,9	48,3	59,8	420	167,8	2,8

Références bibliographiques

1. Bao F, Geraghty B, Wang Q, Elsheikh A. Consideration of corneal biomechanics in the diagnosis and management of keratoconus: is it important? *Eye Vis Lond Engl*. 2016;3:18.
2. Wisse RPL, Soeters N, Godefrooij DA, de Koning-Tahzib NG. Corneal cross-linking as a treatment for progressive keratoconus. *Ned Tijdschr Geneesk*. 2016;160(0):D599.
3. Gordillo CH, Grandin JC, Zaldivar R, Zaldivar R, Lotfi AC. Efficacy of Intrastromal Corneal Ring Segments Combined With Flash Collagen Cross-Linking in Keratoconus. *Cornea*
4. Asena L, Altınörs DD. Visual Rehabilitation After Penetrating Keratoplasty. *Exp Clin Transplant Off J Middle East Soc Organ Transplant*. 2016;14(Suppl 3):130-4.
5. Mandathara Sudharman P, Rathi V, Dumapati S, Rose K lenses for keratoconus--an Indian experience. *Eye Contact Lens*. juill 2010;36(4):220-2.
6. Picot C, Gauthier A-S, Campolmi N, Delbosc B. [Quality of life in patients wearing scleral lenses]. *J Fr Ophtalmol*. sept 2015;38(7):615-9.
7. CASSETTE NB Studio. La cornée - Docteur Damien Gatinel. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/recherche-formation/la-cornee>
8. Anatomie de l'Œil : la cornée. Disponible sur: http://www.fnro.net/ophtalmologie/Anatomie/AnatOE_Cornee/AnatOE_Cornee.html
9. L'oeil et ses annexes 2005.pdf [Internet]. Disponible sur: <http://www.dematice.org/ressources/DCEM2/histologie>
10. Creuzot-Garcher C. Influence des anomalies du film lacrymal sur la surface oculaire. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com>
11. OPALE - ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE L'ŒIL. Disponible sur: http://www.dematice.org/ressources/DCEM3/ophtalmologie/D3_oph_004/co/Contenu2-2.html
12. Épithélium cornéen. Fonction et maladies associées. Disponible sur <http://keratite.com/epithelium-corneen>
13. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology*. sept 2013;120(9):1778-85.
14. Kératocône [Internet]. SNOF. Disponible sur: <http://www.snof.org>
15. Poli M, Cornut P-L, Balmitgere T, Aptel F, Janin H, Burillon C. Prospective study of corneal collagen cross-linking efficacy and tolerance in the treatment of keratoconus and corneal ectasia: 3-year results. *Cornea*. mai 2013;32(5):583-90.
16. Fournié P, Touboul D, Arné J-L, Colin J, Malecaze F. Kératocône.

17. Léoni-Mesplié S, Mortemousque B, Mesplié N, Touboul D, Praud D, Malet F, et al. Aspects épidémiologiques du kératocône chez l'enfant. *J Fr Ophtalmol.* déc 2012;35(10):776-85.
18. Arné J-L. Kératocône. *EMC - Ophtalmol.* nov 2005;2(4):252-63.
19. Masson E. SAS et complications oculaires : prévalence du syndrome d'apnées du sommeil chez les patients présentant un kératocône. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com>
20. CASSETTE NB Studio. Kératocône - Docteur Damien Gatinel. Disponible sur: <https://www.gatinel.com>
21. SCHLEGEL Z, LTEIF Y, GATINEL D. 257 - D'où viennent les aberrations optiques et l'astigmatisme des yeux atteints de kératocône ?
22. CASSETTE NB Studio. Astigmatisme régulier et irrégulier - Docteur Damien Gatinel. Disponible sur: <https://www.gatinel.com>
23. Apports de l'OCT dans le diagnostic du kératocône [Internet]. *Réalités Ophtalmologiques.* 2015. Disponible sur: <http://realites-ophtalmologiques.com>
24. Hay A, Rocher N, Dethorey G, Renard G, Bourges J-L. Le kératocône en images OCT haute résolution en domaine spectral. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com>
25. Docteur Solange Leroux les Jardins - Kératocône [Internet]. Disponible sur: <http://www.lerouxlesjardins.com/5.aspx>
26. CDO182_Dos_Lentilles_sclerales_A.Delcampe.pdf. Disponible sur: <http://www.contacto.fr>
27. CEPP-5014_SPOT_15_decembre_2015_(5014). Disponible sur: <http://www.has-sante.fr>
28. Ortenberg I, Behrman S, Geraisy W, Barequet IS. Wearing time as a measure of success of scleral lenses for patients with irregular astigmatism. *Eye Contact Lens.* nov 2013;39(6):381-4.
29. Tan DT, Pullum KW, Buckley RJ. Medical applications of scleral contact lenses: 1. A retrospective analysis of 343 cases. *Cornea.* mars 1995;14(2):121-9.
30. Contactologie - Lentilles hybrides : un nouveau concept pour adapter des cornées astigmatiques. *Cahiers d'ophtalmologie.* Disponible sur: <http://www.cahiers-ophtalmologie.fr>
31. Tougeron-Brousseau B, Delcampe A, Gueudry J, Vera L, Doan S, Hoang-Xuan T, et al. Vision-related function after scleral lens fitting in ocular complications of Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis. *Am J Ophthalmol.* déc 2009;148(6):852-859.e2.
32. Marty A-S, Burillon C, Desanlis A, Damour O, Kocaba V, Auxenfans C. Validation of an endothelial roll preparation for Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty by a cornea bank using « no touch » dissection technique. *Cell Tissue Bank.* juin 2016;17(2):225-32.
33. Mazzotta C, Moramarco A, Traversi C, Baiocchi S, Iovieno A, Fontana L. Accelerated Corneal Collagen Cross-Linking Using Topography-Guided UV-A Energy Emission: Preliminary Clinical and Morphological Outcomes. *J Ophthalmol.* 2016;2016:2031031.

34. Varsha M. Rathi, Preeji S. Mandathara, Srikanth Dumpati, Virender S. Sangwan. Change in vault during scleral lens trials assessed with anterior segment optical coherence tomography. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2017 Mar 30
35. Soeters N, Visser E.S, Imhof S, Tahzib, N.G. Scleral lens influence on corneal curvature and pachymetry in keratoconus patients. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2015 Aug 01 ;38 :294-297