

Rapport SFOALC 2019

Rapport annuel 2019 des BSOF

Les avancées en **CONTACTOLOGIE**



Société Française des Ophtalmologistes
Adaptateurs de Lentilles de Contact



Bulletin des Sociétés d'Ophtalmologie
de France

MED-LINE
Editions

Éditions Med-line
74, boulevard de l'hôpital
75013 Paris

Suivi éditorial : Françoise Dussart
Maquette : Meriem Rezgui

Les avancées en contactologie

© SFOALC/BSOF 2019

ISBN : 978-2-84678-258-6

Achévé d'imprimer par Pulsio en Octobre 2019 - Dépôt légal : Octobre 2019.

L'éditeur ne pourra être tenu pour responsable de tout incident ou accident, tant aux personnes qu'aux biens, qui pourrait résulter soit de sa négligence, soit de l'utilisation de tous produits, méthodes, instructions ou idées décrits dans cet ouvrage. En raison de l'évolution rapide de la science médicale, l'éditeur recommande qu'une vérification extérieure intervienne pour les diagnostics et la posologie. Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement des auteurs ou de leurs ayants droits ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

Rapport SFOALC 2019

Rapport annuel 2019 deS BSOF

Les avancées en **CONTACTOLOGIE**

Coordinatrice : Louissette BLOISE

Avant-Propos : Marc LABETOULLE

Préface : Florence MALET

Hélène BERTRAND-CUINGNET

Louissette BLOISE

Julien BULLETT

Jean-Philippe COLLIOT

Valérie ELMALEH

Françoise ERNOULD

Matthieu LECONTE

Marie-Aude LUREAU-CORNUOT

Florence MALET

René MÉLY

Aurore MUSELIER-MATHIEU

Catherine PEYRE

Perrine ROSSI

Marie-Caroline TRONE

Katherine VIS



Société Française des Ophtalmologistes
Adaptateurs de Lentilles de Contact



Bulletin des Sociétés d'Ophtalmologie
de France

MED-LINE
Editions

Avant-propos

Pr Marc Labetoulle

C'est toujours un très grand plaisir d'accueillir un nouvel ouvrage dans la collection des « Rapports des Bulletins des Sociétés d'Ophtalmologie de France (BSOF) », pour lesquels la Société d'Ophtalmologie de Paris (SOP) joue depuis très longtemps le rôle si particulier de soutien organisationnel.

Le plaisir est d'autant plus grand que la qualité des textes et des illustrations de cette nouvelle édition est à la hauteur des précédents numéros, faisant de cette collection un outil que l'on garde précieusement dans sa bibliothèque car on sait qu'après l'avoir lu une première fois, on y reviendra, régulièrement, pour confirmer tel ou tel aspect.

Nous sommes très reconnaissants envers le Dr Louissette Bloise d'avoir accepté de relever le défi qu'est la coordination d'un tel ouvrage, avec à l'issue de ce travail collégial une mise au point précise, complète et pratique sur les avancées en contactologie. Tous les co-auteurs méritent largement nos remerciements pour leur contribution précieuse.

Ce rapport 2019 marque un tournant dans l'histoire des rapports des BSOF.

Suite à une proposition aussi judicieuse que perspicace de Florence Malet il y a 3 ans, ce rapport 2019 des BSOF est soutenu de façon conjointe par une autre société savante que la nôtre, la Société Française des Ophtalmologistes Adaptateurs de Lentilles de Contact (SFOALC), présidée par le Dr Louissette Bloise. Nul doute que ce rapport mixte trouvera, grâce à ce rapprochement innovant, un lectorat aussi fourni qu'expert en la matière.

Il marque aussi un changement profond dans l'organisation de ces rapports, puisqu'à partir de l'année 2020, nous parlerons du « rapport joint SOP-SFO », soutenu à la fois par la SOP et la Société Française d'Ophtalmologie (SFO).

Le rapport 2019, si particulier pour toute ces raisons, bénéficiera dès cette année des modalités de présentation des futurs rapports joints SOP-SFO, à savoir une présentation orale en séance plénière, comme d'habitude, lors de la réunion traditionnelle de la SOP du samedi matin de novembre, puis une nouvelle séance de communications autour de la thématique, lors du congrès de la SFO de l'année qui suit, permettant aussi au rapporteur et à tous les auteurs de faire profiter par deux fois, et au plus grand nombre, de leur expertise.

Bienvenue à cet ouvrage charnière dans sa conception, sur un sujet qui mérite l'attention de tous.

Pr Marc Labetoulle,
Président de la Société d'Ophtalmologie de Paris

altérée et /ou irrégulière. Mais le plus grand bénéfice pour le porteur est le caractère antalgique procuré par la présence de ce verre quasiment immobile séparant le globe oculaire des annexes palpébrales. Cette double fonction, antalgique mais également optique, est source d'une amélioration notable du confort de vie et de vue de ces patients.

Toujours dans cette tendance des lentilles ayant une orientation thérapeutique, de nouveaux concepts optiques de lentilles se développent pour tenter de réduire la problématique mondiale que représente l'augmentation du nombre d'enfants myopes. Si les mécanismes déclenchants et évolutifs de la myopie restent complexes, multiples et encore source d'hypothèses, il a pu être mis en évidence que des systèmes optiques, tels des géométries de lentilles par exemple, permettant une défocalisation des images rétiniennes, pouvaient ralentir l'élongation du globe oculaire donc l'évolution de la myopie. Des évaluations sont en cours ; elles nécessitent un suivi dans le temps assez long avec des contrôles objectifs. Ces mécanismes optiques seront peut être complétés de thérapeutiques médicamenteuses mettant au repos l'accommodation.

Les évolutions de la vie moderne avec le développement intensif des tablettes, des écrans d'ordinateurs sont source de symptômes de fatigue visuelle largement rapportée par la population. Ces signes sont cependant plus fréquents chez les amétropes qu'ils soient porteurs de verres correcteurs ou de lentilles de contact. Nos connaissances physiopathologiques et cliniques de la sécheresse oculaire et de l'inconfort de port lié à une augmentation de l'évaporation des larmes, nous permettent actuellement d'offrir bien des solutions grâce à une prise en charge plus adaptée et complémentaire associant nouveaux matériaux, géométries innovantes des lentilles et traitement local spécifique.

Toutes ces adaptations exigent des connaissances anatomiques et physiologiques, nécessitent des contrôles spécifiques et orientés par une expertise médicale. Ce rapport sur les avancées en lentilles de contact doit permettre d'avoir à portée de main un outil pratique répondant aux nouvelles demandes d'adaptation au quotidien.

Le travail présenté ici est coordonné par Louise Bloise, présidente de la SFOALC. Son implication et son dynamisme dans le domaine de la contactologie sont largement reconnus et appréciés. Sa présence, dès la première heure, dans la rédaction de chapitres de livres sur ce sujet démontre, s'il en était besoin, ses compétences et sa rigueur d'écriture. Je la remercie très vivement de son amitié et d'avoir accepté ce projet avec cœur et enthousiasme. Son groupe de travail et de co-rédacteurs est constitué de nombreux collègues, mobilisés régulièrement en tant qu'auteurs ou orateurs dans les événements contactologiques. C'est

avec plaisir que nous retrouvons dans l'ouvrage des auteurs préalablement impliqués dans la rédaction du rapport de la SFO en 2009, auxquels se sont joints de nouveaux collègues spécialistes en lentilles, assurant ainsi la continuité de la transmission des connaissances.

« La connaissance est le seul instrument de production qui n'est pas sujet à la dépréciation ».

JM. Clark

Toutes mes félicitations à cette équipe rédactionnelle.

Tous mes remerciements à la SOP et au BSOF.

Avant-Propos

Pr Marc Labetoulle5

Préface

Dr Florence Malet.....7

Quelques données épidémiologiques en introduction

Dr Florence Malet.....13

Partie 1

LES LENTILLES DE CONTACT

Les lentilles souples

Dr Louissette Bloise,

Dr Katherine Vis.....19

Les lentilles souples spéciales

Dr Jean-Philippe Colliot49

Les lentilles souples thérapeutiques

Dr René Mély.....65

Les lentilles rigides

Dr Hélène Bertrand-Cuingnet.....77

Les lentilles hybrides

Dr Jean-Philippe Colliot.....95

Les lentilles sclérales

Dr Françoise Ernould.....129

Les lentilles d'orthokératologie

Dr Hélène Bertrand-Cuingnet,

Dr Louissette Bloise,

Dr Jean-Philippe Colliot.....137

LES PATHOLOGIES

Le kératocône

Dr Marie-Caroline Trone149

L'astigmatisme irrégulier

Dr Julien Bullet.....163

La sécheresse et les pathologies de la surface oculaire

Dr Valérie Elmaleh,
Dr Aurore Muselier-Mathieu.....171

La freination de la myopie

Dr Perrine Rossi,
Dr Matthieu Leconte..... 187

La presbytie

Dr Catherine Peyre,
Dr Marie-Aude Lureau-Cornuot.....197



Quelques données épidémiologiques en introduction

Dr Florence Malet

Les avancées en contactologie sont l'objet de ce rapport. Il est néanmoins toujours intéressant de les resituer dans leur contexte évolutif et international. Ainsi, grâce à l'idée de Philip Morgan, en 2000, de réaliser chaque année une étude prospective sur les habitudes de prescriptions de lentilles dans différents pays, nous pouvons analyser au mieux les tendances dans le choix des lentilles par les adaptateurs au fil du temps. Le même type de recueil de données a donc été réalisé annuellement dans différents pays et collecté par un coordinateur par pays. Les données ont été analysées dans les Universités de Manchester et Waterloo permettant une évaluation de différents paramètres, comme la démographie des porteurs, les types de lentilles portées, les matériaux utilisés, etc.

En 2000, 5 pays avaient participé à ce recueil de données de prescriptions. Dix-huit ans plus tard, 70 pays au total avaient collaboré à cette base de données à une ou plusieurs reprises; et 383 000 fiches avaient pu être analysées. Chaque année, la synthèse des résultats est publiée sous le titre « *International Contact Lens Prescribing* » dans la revue *Contact Lens Spectrum* (Morgan, *et al.*, 2019). L'analyse porte annuellement sur environ

20 à 24 000 prescriptions. L'an dernier 47 pays ont participé, ce qui permet, compte tenu de la quantité d'informations fournies, d'en retirer des tendances.

La France participe à ces études prospectives depuis 2010 et nous pouvons donc ainsi évaluer les modifications de nos prescriptions et nous positionner par rapport aux tendances internationales de ces 10 dernières années.

Dès la première année de notre participation, les particularités de notre pays avaient été soulignées (Morgan, *et al.*, 2011). En effet, à la différence d'autres pays européens, les adaptations en lentilles sont réalisées en France uniquement par des ophtalmologistes. Il était souligné que la prescription de lentilles rigides était deux fois plus élevée que la moyenne internationale et que la prescription des lentilles jetables journalières était faible mais que le nombre de lentilles en silicone hydrogel en port journalier prescrites était élevé. Parmi les autres particularités, il avait été remarqué que les ophtalmologistes français ne prescrivaient quasiment jamais de port permanent en lentilles souples et que nous équipions 80 % des presbytes en lentilles bi ou multifocales ; différence marquante avec les prescriptions de lentilles pour presbytes des



autres pays qui se faisaient alors en lentilles monofocales simples et/ou en monovision.

Qu'en est-il aujourd'hui, dix ans plus tard, en termes de démographie des porteurs, de types de lentilles prescrites, avec l'arrivée de nouveaux concepts de lentilles et des indications nouvelles ?

① Démographie des porteurs de lentilles en 2018

L'âge moyen des porteurs inclus est de 33,3 ans +/- 14,8 ans. Les variations sont importantes entre des pays comme l'Arabie Saoudite où l'âge de l'adaptation tourne autour de 24 ans alors qu'en Angleterre, ou en Australie, il est proche de 40 ans (en France : 36,6 ans +/-15,8).

Logiquement, avec les années, la population de presbytes équipés en lentilles augmente dans ces derniers pays. Le pourcentage de femmes parmi les porteurs de lentilles reste majoritaire (67 %) par rapport aux hommes et il ne varie quasiment pas dans les différents pays inclus, dont le nôtre. Le pourcentage de première adaptation en lentilles, par rapport à un renouvellement, est globalement de 35 % avec un type de port défini comme régulier : c'est-à-dire un port minimum de 4 jours par semaine. Ces paramètres concernant les nouvelles adaptations et la durée de port par semaine sont deux éléments stables, sans grand changement depuis une dizaine d'années.

② Lentilles prescrites

2.1. Les lentilles rigides

Les lentilles rigides cornéennes représentent 10 % des prescriptions, tous types de lentilles confondus. Le Japon était leader en termes de prescription de ce type de lentilles dans les années 2000 avec 36 %, pour n'être actuellement qu'à 14 % avec un report des prescriptions sur les lentilles souples jetables journalières. Le marché européen reste actif sur les lentilles rigides et nous prescrivons en France quasiment autant de lentilles rigides que les Pays-Bas (21 %), l'Autriche et l'Allemagne, bastions de ces adaptations considérées comme plus techniques. Il est admis que ces adaptations nécessitent un niveau de formation supplémentaire. Par ailleurs, le risque d'accident infectieux nettement plus faible sous ce type de lentilles (en moyenne 1 à 2/10 000 porteurs/an en rigides *versus* 16 à 18/10 000/an en souples (Stapleton *et al.*, 2008 ; Cheng *et al.*, 1999) explique ce choix de nature médicale, notamment en France, où les ophtalmologistes s'orientent naturellement vers des lentilles plus sécuritaires.

Le matériau sélectionné pour ces lentilles est à très haute perméabilité à l'oxygène dans notre pays (Dk supérieur à 90) dans 95 % des cas, mais c'était déjà notre choix il y a 10 ans dans 85 % des cas (particularité française, là encore, de sélection du matériau le plus physiologique). À noter la tendance française actuelle marquée par une augmentation du

nombre de prescription de lentilles rigides ces dix dernières années, passant de 16 à 21 %. Le taux de nouvelles adaptations en rigides de 41 % en 2018, n'est égalé que par nos collègues suisses. Cette augmentation de prescription des rigides va à l'inverse du marché anglo-saxon : les praticiens anglais n'ont réalisé en 2018 que 1 % des nouvelles adaptations en rigides.

Parmi les autres lentilles rigides dont le développement important est récent, notons les verres scléaux qui représentent 1,4 % des prescriptions à ce jour mais dont l'expansion est surtout américaine. Quant à l'orthokératologie, développée depuis une dizaine d'années, la pénétration était de 4 % en 2010 en France, contre 20 % dans des pays comme le Canada, les Pays-Bas, l'Espagne. Depuis, ce segment s'est largement développé dans l'Hexagone pour rejoindre, en 2018, les valeurs de ces pays précurseurs. Le développement de l'orthokératologie en Chine est très important et très contrôlé ; la vente de ces lentilles étant interdite dans des boutiques d'optique. Les adaptations se font dans des centres d'optométrie spécifiquement dédiés : elles se font en lentilles rigides dans 95 % des cas, dont 85 % avec des lentilles de géométrie d'orthokératologie. Le problème mondial que constitue l'augmentation de la prévalence de la myopie chez les enfants et adolescents, et touchant particulièrement le continent asiatique, explique naturellement le développement exponentiel d'adaptations en lentilles dont la géométrie peut freiner l'évolution de cette pathologie.

Les lentilles souples tout récemment développées avec un concept similaire de freination de la myopie ne représentent que 0,7 % des lentilles souples prescrites en 2018. Ces chiffres devraient largement augmenter au cours des prochaines années.

2.2. Les lentilles souples

Le matériau silicone hydrogel, lancé dans le début des années 2000, a complètement conquis le marché des lentilles souples prescrites au niveau international avec 76 % des prescriptions. Il est à noter que, dès 2010, la France prescrivait un pourcentage important de ces lentilles par rapport à la moyenne générale internationale.

En termes de renouvellement, le remplacement fréquent des lentilles est globalement majoritaire chez les porteurs (64 %). Il existe, en revanche, de très grandes disparités de prescriptions concernant les lentilles souples jetables journalières. Dans les pays nordiques (Danemark, Norvège), le choix de cet équipement concerne 70 % des porteurs, contre 12 % seulement aux Pays-Bas, pays où le nombre de porteurs par habitant est un des plus élevés d'Europe. Cet écart montre bien les différences existantes entre les habitudes et choix des lentilles par les différents prescripteurs en fonction des pays. Il ne semble pas s'agir d'un choix économique : le Danemark, par exemple, prescrit 2 fois plus de lentilles jetables journalières que les États-Unis.



Certes, il existe des biais dans les résultats de ces publications annuelles basées sur un volontariat des recueils de données par les prescripteurs. Notamment, on peut facilement objectiver que ce sont les prescripteurs de lentilles les plus motivés et les plus chevronnés qui y participent. Néanmoins, cela reste un

outil unique d'analyse du développement de la contactologie à l'échelle internationale.

Les contactologues français continuent à participer à cette étude annuelle, démontrant l'évolution et l'actualisation de leurs choix de prescriptions de lentilles toujours guidés par des orientations médicales strictes.

Références

- ▶ Cheng KH, Leung SL, Hoekman HW, Beekhuis WH, Mulder PG, Geerards AJ, Kijlstra A. Incidence of contact-lens-associated microbial keratitis and its related morbidity. *Lancet* 1999;354(9174):181-5.
- ▶ Morgan PB, Woods CA, Tranoudis IG, Efron N, Jones L, Aighamdi W, *et al.*, International contact lens prescribing in 2018. *Contact Lens Spectrum*, January 2019:26-31. <https://www.clspectrum.com/issues/2019/january-2019>.
- ▶ Morgan PB, Woods CA, Tranoudis IG, Helland M, Efron N, Groupcheva CN, *et al.*, International contact lens prescribing in 2010. *Contact Lens Spectrum* January 2011. <https://www.clspectrum.com/issues/2011/january-2011/international-contact-lens-prescribing-in-2010>
- ▶ Stapleton F, Keay L, Edwards K, Naduvilath T, Dart JK, *et al.* The incidence of contact Lens-related microbial keratitis in Australia. *Ophthalmology* 2008;115(10):1655-62.

LES LENTILLES DE CONTACT

Les lentilles souples

Dr Louissette Bloise,
Dr Katherine Vis
page **19**

Les lentilles souples spéciales

Dr Jean-Philippe Colliot
page **49**

Les lentilles souples thérapeutiques

Dr René Mély
page **65**

Les lentilles rigides

Dr Hélène Bertrand-Cuingnet
page **77**

Les lentilles hybrides

Dr Jean-Philippe Colliot
page **95**

Les lentilles sclérales

Dr Françoise Ernould
page **129**

Les lentilles d'orthokératologie

Dr Hélène Bertrand-Cuingnet,
Dr Louissette Bloise,
Dr Jean-Philippe Colliot
page **137**



Les lentilles souples

Dr Louissette Bloise, Dr Katherine Vis

① Matériaux des lentilles souples

L'hydroxyéthylméthacrylate (HEMA), découvert par Otto Wichterle en 1961, reste la base de la plupart des lentilles souples aujourd'hui, qu'elles soient en hydrogel ou en silicone hydrogel.

L'ISO 11539, standard pour la classification des lentilles de contact, utilise 6 codes pour décrire le type de matériau. Cette norme internationale décrit une méthode de classification des lentilles de contact ainsi que des matériaux utilisés pour leur fabrication. Elle permet une identification spécifique et non nominative, sous forme simplifiée, des principaux éléments chimiques constitutifs des matériaux (Tableau I, II, III).

Tableau I : Classification des lentilles de contact ISO 11539

Préfixe	Optionnel en dehors des Etats-Unis. Ex, Eta., Hila., Omo...
Radical	Lentilles souples : Filcon, teneur en eau > 10 % Lentilles rigides : Focon, teneur en eau < 10 %
Séries	A : Formule d'origine, puis B, C, ... en cas de révision du matériau
Groupe (chiffre romain)	Groupe FDA : I, II, III, IV (cf. Tableau II) V : silicone hydrogel
Dk (chiffre arabe)	0 à 6 (cf. Tableau III)
Modifications	m en cas de modification chimique de la surface

Tableau II : Groupe FDA

I	Non Ionique	Teneur en eau < 50 %
II		Teneur en eau > 50 %
III	Ionique	Teneur en eau < 50 %
IV		Teneur en eau > 50 %



Tableau III : Valeurs du Dk

	Dk
0	< 1
1	1 à 15
2	16 à 30
3	31 à 60
4	61 à 100
5	101 à 150
6	150 à 200

Exemple : Filcon II 3 signifie qu'il s'agit d'une lentille souple non ionique à teneur en eau > 50 % et avec un Dk compris entre 31 et 60.

1.1. Le matériau hydrogel

L'hydrogel est un polymère capable de conserver une certaine quantité d'eau de 24 à 85 % (Tighe, 2002). Ce polymère est constitué de différents monomères unis les uns aux autres par des liaisons covalentes :

- des monomères hydrophiles comme l'HEMA, le glycérylméthacrylate (GMA), l'acide méthacrylique (MA) et la phosphorylcholine (PC) ;
- des monomères hydrophobes et des agents de réticulation pour accroître la résistance mécanique et thermique du matériau.

Les lentilles en hydrogel sont classifiées par la FDA en 4 groupes (Stone R.) selon leur ionicité et leur teneur en eau (Tableau II). Cette classification dépend du dosage des différents monomères et a pour but de prévoir les interactions avec les différents composants du film lacrymal et des solutions d'entretien. Plus la teneur en eau est élevée, plus l'interaction avec les protéines des larmes est élevée.

Il y a peu ou pas de matériau appartenant au groupe III, c'est-à-dire ionique à faible teneur en eau, sur le marché français (Tableau IV).

L'offre de ces lentilles a peu évolué à part pour les lentilles à renouvellement journalier. Les évolutions notables sont :

- la modification d'un matériau existant (Nelfilcon A) par l'adjonction de molécule viscosifiante dans le blister (HPMC), mouillante (PEG) dans le matériau et le blister, hydratante (PVA) dans le matériau, et ce, pour améliorer le confort dès la pose, en début de journée et tout au long de la journée ;
- des innovations telles que :
 - le Nefilcon A ou Hypergel™ qui est un polymère d'hydrogel associé à un surfactant ;
 - l'association d'un polymère Filcon IV avec du Hyaluronate de sodium (mucoprotéine) qui est relargué au clignement et au contact de l'œil (chaleur).

1.2. Le matériau silicone hydrogel

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

Tableau IV : Classement des lentilles en hydrogel à renouvellement (selon la FDA) présentes sur le marché français en 2019 d'après le Contaguide *on line* et les informations des laboratoires

Matériau	Teneur en eau (%)	Dk (Fatt)	Lentilles	Dk/e*	Filtre UV
Groupe I : Matériau non ionique à faible teneur en eau < 50 %					
GMA + HEMA	49	15	C2 NVS Aura S	11,50 à 13	
Hioxifilcon B	49	15	C2	12,5	oui
Polymacon (HEMA)	38,6 38,6	9 8,4	SofLens® 38 SofLens®MF	25,7 8,4	
Groupe II : Matériau non ionique à forte teneur en eau > 50 %					
Alfilcon A HEMA + NVP	66	32	Soflens® 66 Torique	16,4	
Filcon II 2	59	30	Gentle 59	21,4 à 25 selon la géométrie	
Filcon II 2 avancé	58	25,5	Ophtalmic RXm		
Filcon II 3	80	60	Gentle 80	42,8 à 50 selon la géométrie	
Hilafilcon B HEMA + NVP	59	22	SofLens® 59	15,7	
Hioxifilcon A HEMA + GMA	57	19	Miru 1 Day Menicon Flat Pack	25	
Mipafilcon	72	35	Menisoft	42,5	
Nelfilcon A + HPMC + PEG + PVA	69	26	DAILIES® AquaComfort Plus®	26	
Nelfilcon A + PVA	69	26	FreshLook® 1-Day	26	
Nesofilcon A	78	42	Biotrue®		
Omafilcon A HEMA +PC	59	25	Proclear®	17 à 42 selon la géométrie	
Groupe IV: Lentilles ioniques à forte teneur en eau > 50 %					
Etafilcon A HEMA + MA + Lacreon	58	21 à 28 selon effets de courbe et de bords corrigés	ACUVUE® 2 1-Day ACUVUE® MOIST	25 à 33 selon effets de courbe et de bords corrigés	oui
Hyaluronate gel	60	32	Safegel™ 1 Day	40	oui
Metafilcon A	55	23	OPHTALMIC 55 progressive	18	
Ocufilecon B HEMA + MA	55	19	Biomedics®	17 à 27 selon la géométrie	oui
pHEMA	55	19	VELVET	19	

HEMA : Hydroxyéthylméthacrylate / GMA : Glycérylméthacrylate / MA : Acide méthacrylique / PC : Phosphorylcholine / HPMC : Hydroxypropylméthylcellulose / PEG : Polyéthylène glycol / PVA : PolyVinyl Alcohol / NVP : N-vinylpirrolidone.

* Le Dk/e est donné pour une épaisseur de lentille de - 3 dioptries et dépend aussi de la géométrie (ex. : torique et multifocale).



Pour contrecarrer cette hydrophobie et cette lipophilie, les fabricants ont opté pour différentes solutions :

- traiter la surface en chambre plasma par :
 - oxydation plasmatisque (transformation du silicone en îlots de silicate) ;
 - création d'un « coating » de 25 nm ;
- incorporer des agents mouillants dans la matrice ;
- utiliser des matériaux naturellement mouillables.

Le premier silicone utilisé est dérivé du TRIS (Balafilcon A, Lotrafilcon A), puis sont apparues des associations de TRIS et de macromères de siloxane (Senofilcon) ou encore des longues chaînes de macromères (Comfilcon, Asmofilcon).

Le développement des lentilles en silicone hydrogel s'est fait en plusieurs étapes d'abord avec une course au Dk, puis une quête de confort pour remédier aux effets secondaires provoqués par ce nouveau matériau (Cf. Inconvénients / complications).

Le comportement de ce matériau vis-à-vis des dépôts et des solutions d'entretien est différent de celui des hydrogels. Un groupe V a été ajouté à la classification de la FDA (Hutter, 2007). Des sous-groupes ont aussi été proposés mais, à ce jour, ils n'ont pas été retenus (Tableau V).

Sur les tableaux IV et V, on note un développement plus important en silicone hydrogel qu'en hydrogel avec, ces dernières années, une augmentation des propositions pour le renouvellement journalier.

Pour améliorer le confort, maintenir l'hydratation tout au long de la journée, certains fabricants utilisent des technologies brevetées comme :

- les technologies Lacreon™ HydraLuxe™, HydraClear® et HydraClear® Plus. Elles ont comme point commun l'intégration du PVP dans le matériau qui est différent selon les lentilles ; ce qui explique le nom différent de ces technologies. Le PVP est un agent hydratant amphiphile, c'est-à-dire qu'il peut se lier à des composants hydrophiles et lipophiles, qui, eux, sont hydrophobes ;
- la technologie MoistureSeal® est un procédé de fabrication consistant en un ajout retardé de PVP, autour et dans la structure de silicone lors de la polymérisation ;
- ComfortMoist™ ;
- la technologie MeniSilk™. Cette innovation fait appel à un nouveau monomère hydrophile, agent mouillant hydratant, dont le nom chimique n'est pas divulgué ;
- l'HydraGlyde® consiste en l'adjonction d'une molécule tensio-active hydratante amphiphile EOBO 45 (Oxyde Ethylène - Oxyde Butylène) dans le blister de la lentille avant stérilisation, permettant ainsi de modifier la tension de surface de la lentille pour améliorer sa mouillabilité ;
- la technologie du gradient d'eau consiste en une augmentation progressive de la teneur en eau du cœur (33 %) vers la surface (> 80 %) de la lentille ;
- la technologie SmarTears™ correspond à l'adjonction de phosphatidylcholine au cœur de la lentille qui est libérée lorsque les larmes en ont besoin (Pitt, 2011). La migration se fait au travers du gradient d'eau jusqu'aux larmes. Ce phospholipide est naturellement présent dans les larmes et a pour rôle de stabiliser la couche lipidique non polaire, responsable de la limitation de l'évaporation de la phase mucino-aqueuse.

Tableau V : Classement des lentilles en silicone hydrogel (groupe V) à renouvellement fréquent présentes sur le marché français en 2019 d'après le Contaguide on line et les informations fournies par les laboratoires.

Matériau	Teneur en eau (%)	Dk (Fatt)	Lentilles	Dk/e*	Filtre UV	Renouvellement
Présentes avant 2009						
Asmofilcon A Nanogloss Menisilk	40	129	PremiO	161		15 jours
Balafilcon A Oxydation plasmatisque	36	91	PureVision®	91 à 101		1 mois
Comfilcon A	48	128	Biofinity®	116 à 160		1 mois
Lotrafilcon A SmartShield	24	140	AIR OPTIX® Night&Day® AQUA	175		1 mois
Lotrafilcon B SmartShield	32	110	AIR OPTIX® AQUA	108 à 138		1 mois
Senofilcon A HydraClear Plus	38	103	ACUVUE OASYS®	129 à 147	oui	15 jours
Après 2009						
Asmofilcon A Nanogloss Menisilk	40	129	Miru	161		1 mois
Balafilcon A + ComfortMoist	36	91	PureVision 2 HD	91		1 mois
Delefilcon A Gradient d'eau SmarTears	33 à 80	140	DAILIES TOTAL 1®	156		1 Jour
Filcon V 3	75	60	Saphir	50 à 40		1 mois
Lotrafilcon B SmartShield HydraGlyde	32	110	AIR OPTIX® plus HydraGlyde®	108 à 138		1 mois
Midafilcon A	56	64	Miru 1 Day UpSide	91		1 jour
Narafilcon A HydraClear	46	100	1-Day ACUVUE® TrueEye®	118	oui	1 jour
Samfilcon A MoistureSeal	46	114	ULTRA®	114 à 163		1 mois
Senofilcon A HydraLuxe	38	103	ACUVUE® OASYS® 1- day	121 à 129	oui	1 jour
Senofilcon C HydraMax	41	103	ACUVUE®Vita™	147	oui	1 mois
Somofilcon A	56	60	clariti® OPHTALMIC HR	57 à 86	oui	1 jour
Stenfilcon A	54	80	MyDay®	80 à 100	oui	1 jour

* le Dk/e est donné pour une épaisseur de lentille de - 3 dioptries et dépend aussi de la géométrie (ex. : torique et multifocale). Les traitements de surface nécessaires pour masquer l'hydrophobie du silicone à la surface de la lentille sont notés en **bleu**. Les différentes technologies permettant d'améliorer l'hydratation sont notées en **rouge**.



De la composition chimique d'une lentille découlent ses propriétés physiologiques, mécaniques, de surface et optiques et par extension ses propriétés biochimiques et biophysiques qui sont les propriétés de la lentille dans son environnement ; c'est-à-dire au contact de la surface oculaire.

② Propriétés des lentilles souples

2.1. Propriétés chimiques

• La perméabilité et la transmissibilité à l'oxygène

Différents coefficients expriment ces propriétés :

- le **Dk**, ou perméabilité à l'oxygène, est une propriété du **matériau** indiquant sa capacité à transmettre l'oxygène (D : coefficient de diffusion, k : coefficient de solubilité de l'O₂ dans le matériau). Selon le matériau, le passage de l'oxygène au travers de la lentille est fonction :
 - de la teneur en eau pour les lentilles en hydrogel ;
 - de la quantité de silicone pour les lentilles en silicone hydrogel.
- le **Dk/e**, ou transmissibilité à l'oxygène, est une propriété de la lentille qui dépend de son épaisseur et indique le volume net d'O₂ parvenant à la cornée. Les seuils de transmissibilité à l'oxygène pour un port journalier et nocturne sécuritaire ont été définis par Harvitt et Bonanno en 1999 (Harvitt et Bonanno, 1999) et restent toujours d'actualité :
 - port journalier $Dk/e = 35$;
 - port nocturne $Dk/e = 125$

• La teneur en eau

La proportion de la masse d'eau contenue dans une lentille est exprimée en pourcentage et est toujours plus élevée pour les lentilles en hydrogel qu'en silicone hydrogel.

La composition du matériau influence le taux et le degré de déshydratation. Une lentille peut subir une déshydratation (perte d'eau) au cours d'une journée de port. Ce phénomène augmente dans les environnements secs et venteux et avec la diminution du clignement (Martin-Montanez *et al.*, 2014).

Les lentilles en silicone hydrogel se déshydratent moins que celles en hydrogel, et il n'existe actuellement aucune relation claire entre le confort et la déshydratation des lentilles cornéennes.

Une lentille déshydratée va voir ses caractéristiques modifiées (Gonzalez-Méijome *et al.*, 2007) : diminution de l'épaisseur, risque de serrage et réduction de son diamètre avec, pour les hydrogels, une diminution de la perméabilité à l'oxygène. En effet, le symptôme subjectif de sécheresse semble se produire plus fréquemment chez les porteurs de lentilles souples ; celles-ci subissant une plus grande déshydratation pendant le port. En clinique, les porteurs de lentilles en silicone hydrogel ont une sensation de sécheresse moindre que les porteurs d'hydrogel malgré une durée de port plus longue dans la journée et une teneur en eau moins importante. Les lentilles en silicone hydrogel se déshydratent à un taux plus lent et à un degré moindre que les hydrogels grâce à une meilleure mouillabilité de surface, une diminution des interactions hydrophobes avec les paupières et une diminution de la quantité de dépôts protéiques.

2.2. Propriétés mécaniques

Les polymères constituant les lentilles souples sont des matériaux viscoélastiques qui ont des réponses très variées aux contraintes externes en fonction de leur structure moléculaire (Rocher-Dubois *et al.*, 2009). La présence de silicone dans le matériau entraîne une augmentation de la « rigidité » de la lentille et il existe un rapport inverse entre la teneur en eau et la « rigidité » de la lentille (Horst *et al.*, 2012).

Les propriétés mécaniques sont définies par :

- le module de Young ou d'allongement (10^9 Pa) : manière dont la longueur d'un objet change sous l'effet d'une traction. Il dépend de la chimie du matériau. De ce fait, les hydrogels ont des modules plus faibles que les silicone hydrogels ;
- le module de rigidité représente la contrainte de compression liée à la déformation.

On utilise le module de Young pour les lentilles souples et le module de rigidité pour les lentilles rigides.

- la déformabilité (Vayr, 2009) exprime la raideur ou la souplesse d'une lentille. Plus un matériau est déformable, plus il est confortable mais moins il est efficace optiquement sur des cornées irrégulières.

2.3. Propriétés de surface

- **La mouillabilité** représente le comportement d'un liquide sur une surface solide. Plus une lentille souple est mouillable, mieux le film lacrymal peut s'étaler à sa surface. Elle permet de maintenir un film lacrymal stable et épais sur toute la surface

de la lentille entre chaque clignement. La mesure de la mouillabilité se fait *in vitro* en mesurant l'angle de contact. Plus les angles sont faibles, meilleure est la mouillabilité. Cette mesure devrait permettre de comparer des matériaux entre eux et de donner une idée de leurs performances, sachant que la composition du liquide choisi est différente de celle des larmes et qu'il n'y a pas l'impact des solutions d'entretien. Le reflet clinique de cette propriété est l'état de lubrification.

- **Le coefficient de friction** (ou de lubrification) est la valeur quantitative reflétant la lubrification (qualité) de la surface de la lentille. C'est une valeur extrêmement importante. Il exprime la facilité des paupières à se déplacer sur la lentille. Il n'y a pas de différences entre les lentilles en hydrogel et en silicone hydrogel, mais la friction peut augmenter avec la quantité de dépôts présents sur la lentille de contact (Sternier *et al.*, 2016). Les valeurs de ces propriétés de surface sont fournies par le fabricant, par un laboratoire concurrent ou par un laboratoire indépendant mais il n'existe pas de test standard, chaque fabricant utilisant des méthodes de mesure différentes ; ce qui rend les comparaisons difficiles. La stabilité du film lacrymal garantit une bonne lubrification et minimise l'attraction des dépôts.

2.4. Propriétés optiques

- **Transmission optique (transparence) et indice de réfraction** sont liés à la structure et à la stabilité du matériau qui dépendent des agressions extérieures (température, hygrométrie, mais aussi du pH des larmes).



- **Filtre UV.** Un monomère (benzotriazol) ajouté au polymère de la lentille permet de bloquer les radiations UV. Toutes les lentilles n'en possèdent pas (Tableau IV et V).

Tous ces développements sur les matériaux ont pour but d'obtenir des lentilles les plus proches de la physiologie de la surface oculaire pour une biocompatibilité maximale. Ces petites différences au niveau des propriétés de chacune pourraient sembler futiles mais font cependant des différences importantes pour les porteurs permettant d'en satisfaire le plus grand nombre.

③ Types de renouvellement

Concernant les lentilles souples, tous les types de renouvellement sont disponibles, du remplacement journalier jusqu'au remplacement annuel.

3.1. Les lentilles à renouvellement journalier (LJJ)

Actuellement, le renouvellement journalier est de plus en plus utilisé (en 2018, 28 % de nos prescriptions, selon l'étude de Philip Morgan sur les habitudes de prescription dans 33 pays du monde rassemblant plus de 24 000 porteurs) et fait maintenant partie de nos prescriptions habituelles (Morgan *et al.*, 2019).

Ces adaptations de lentilles jetables journalières obéissent aux mêmes règles que pour toute autre lentille souple : à savoir nécessité de choisir le matériau et le rayon de courbure.

Actuellement, la gamme des lentilles jetables journalières disponibles en matériau silicone hydrogel est large et ce matériau est à privilégier lors d'un port régulier. Non seu-

lement le risque hypoxique est réduit mais le risque infectieux est également plus faible du fait de la non réutilisation des lentilles. Certaines lentilles sont disponibles en 2 rayons de courbure ce qui permet d'adapter des cornées plates. Les gammes se déclinent en sphériques, en toriques et en multifocales (cf. chapitre Gammes).

La nouveauté est la disponibilité en tous axes pour les cylindres jusqu'à - 1,75 D, chez les myopes (jusqu'à - 6,00 D). Le cylindre de - 2,25 D n'est disponible que pour les myopes jusqu'à - 6,00 D et dans les axes proches de 180° et 90°. De même, chez les hypermétropes, le cylindre maximal est à - 1,75 D et seulement dans les axes proches de 180° et de 90°.

Concernant les lentilles multifocales, elles sont toutes à vision de près centrale et nous avons le choix d'une addition unique jusqu'à 3 additions.

3.2. Les lentilles à renouvellement 15 ou 30 jours

Les gammes vont jusqu'à des paramètres extrêmes avec possibilité, même en silicone hydrogel, de puissances sphériques de - 30,00 D à + 30,00 D avec diamètre et rayon de courbure modulables ; ceci dans les laboratoires spécialisés. Il est possible également d'équiper de forts astigmatismes puisque certaines lentilles ont des cylindres jusqu'à 8 dioptries et avec tous les axes par 1°. D'ailleurs, ces paramètres extrêmes font reléguer en second plan les équipements en lentilles à renouvellement annuel. Pour les laboratoires dont les lentilles sont couramment utilisées, les puissances vont tout de même de - 20,00 D à + 15,00 D et se déclinent en toriques, en multifocales et multifocales toriques pour lesquelles

les géométries sont diverses permettant ainsi de changer de système de progression afin d'adapter le plus possible de presbytes.

Si l'on veut équiper des patients nécessitant des forts Dk/e (par exemple pour du port prolongé, nocturne ou à but thérapeutique), seules les lentilles à renouvellement 15 ou 30 jours, qui ont les Dk/e les plus élevés (> 125 Unités Fatt), peuvent le permettre.

3.3. Les lentilles trimestrielles et annuelles

Les lentilles trimestrielles existent aussi en matériau silicone hydrogel mais le matériau hydrogel prédomine pour les lentilles annuelles. Cette catégorie de lentilles est à réserver aux réfractions extrêmes et s'adresse plutôt aux patients ne supportant pas les lentilles rigides qui elles, permettent d'adapter ces cas hors norme en toute sécurité et avec un meilleur résultat optique. Leurs puissances peuvent s'étendre de - 40 D à + 40 D. Il faut essayer d'adapter avec des renouvellements les plus courts possibles (idéalement mensuel) et préférer les lentilles trimestrielles aux annuelles ainsi que le matériau silicone hydrogel. Ce type de renouvellement nécessite un entretien particulier avec déprotéinisation hebdomadaire, quel que soit l'entretien journalier utilisé ; oxydant ou solution multifonctions.

④ Gammes et paramètres des lentilles

Les tableaux VI, VII et VIII présentent les gammes disponibles selon l'amétropie et le type de renouvellement. On remarque que les lentilles jetables journalières ont des paramètres étendus, quelle que soit l'amétropie, couvrant désormais une grande majorité de nos adaptations en lentilles souples.

Les lentilles toriques à renouvellement 15 jours ou 30 jours peuvent avoir des cylindres jusqu'à - 8,00 D et donc avec des axes par 1°. L'adaptation de ces forts astigmatismes implique une bonne connaissance des systèmes de stabilisation des différentes lentilles car la moindre rotation impacte la qualité visuelle, et il sera nécessaire de changer de géométrie de lentilles à la moindre instabilité. À noter également que la forte toricité de ces lentilles entraîne une diminution du Dk/e du fait de la surépaisseur engendrée par la géométrie prismatique. Il est préférable d'éviter, dans ces cas, un temps de port très prolongé dans la journée.

Pour soulager l'accommodation :

- **Biofinity Energys™ (CooperVision) Dk /e 160 :**
 - possède une *Digital Zone Optics™*
 - modulation de la puissance dans la ZO grâce à des courbes à asphéricité multiples créant un effet plus positif au centre ;
 - pour diminuer l'effort accommodatif sans gêne en VL.