



LA CORNÉE ET LA SCLÈRE

AUTEURS

Erica Fletcher : Université de Melbourne

Roger Anderson : Université d'Ulster

RÉVISION PAR LES PAIRS

Thomas Freddo : Université de Waterloo

CONTENU DU CHAPITRE

1. Aperçu de l'œil
2. La sclère
3. La cornée

APERÇU DE L'ŒIL

L'œil est l'organe spécialisé qui permet la conversion de l'énergie lumineuse provenant de l'environnement en un influx nerveux qui est transmis par le nerf optique vers des centres cérébraux supérieurs. Toutes les autres structures de l'œil fonctionnent dans le but d'assurer cette même fonction de base, que ce soit par la nutrition, la focalisation des images ou la protection.

Les structures qui constituent l'œil sont présentées sur la Figure 2.1. La paroi du globe oculaire peut être considérée comme étant formée de trois couches, ou tuniques. La couche externe est formée de la cornée et de la sclère qui, de manière générale, renforcent le globe oculaire. Cette couche fibreuse externe constitue à la fois le point d'attache des muscles extra-oculaires et une protection pour le contenu du globe. Elle est également importante dans le maintien de la forme du globe oculaire. La couche vasculaire intermédiaire est constituée de l'uvée (du mot latin *uva* signifiant raisin) et est importante principalement car elle permet de nourrir les structures alentour. Le canal uvéal se compose de l'iris, du corps ciliaire et de la choroïde. La couche la plus interne est composée de la rétine, qui contient les neurones permettant à la lumière d'être convertie en influx nerveux. Il existe également deux chambres à l'intérieur du globe oculaire : la chambre antérieure est située entre la cornée et l'iris et contient l'humour aqueux, tandis que la chambre postérieure est située derrière le cristallin et contient le corps vitré. Chacune de ces couches est examinée ci-après.

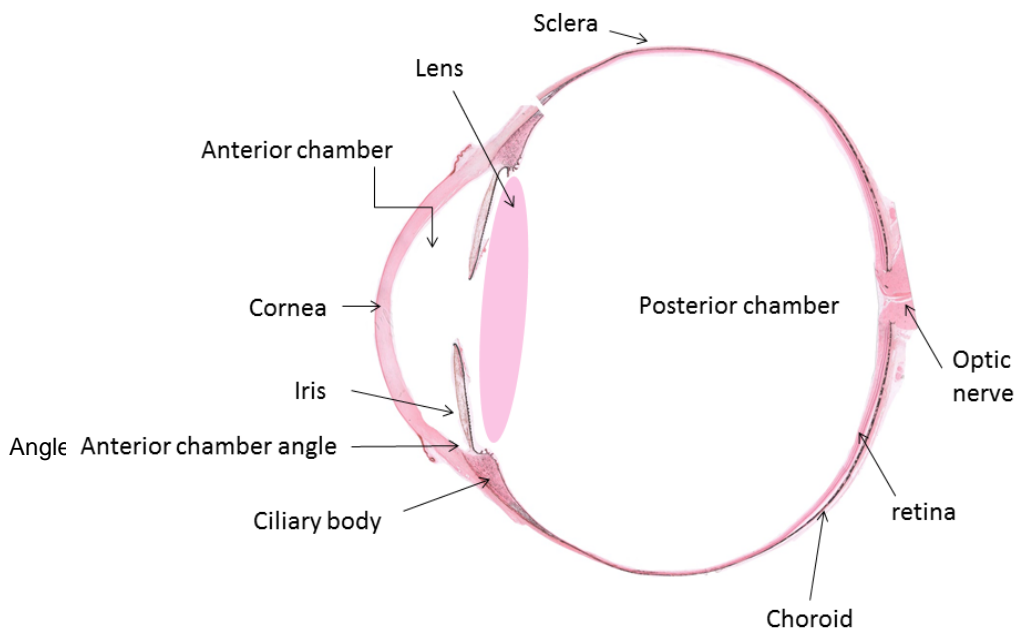


Figure 2.1. Coupe transversale de l'œil du singe, présentant les structures importantes qui seront examinées dans les sections suivantes.

SCLÈRE

La tunique fibreuse externe est formée de la sclère (aussi parfois appelée sclérotique) et de la cornée. Environ 5/6^e de la couche externe du globe oculaire est couverte par la sclère (qui vient du mot grec signifiant « dur »). La sclère est en grande partie avasculaire, à l'exception des vaisseaux qui traversent l'œil, et apparaît opaque et blanche chez l'adulte. La sclère est plus épaisse vers l'arrière (~1 mm) et plus fine derrière les insertions de tendons associés aux muscles extra-oculaires (~0,3-0,4 mm). La sclère est constituée essentiellement de fibres de collagène denses (principalement du collagène de type I et III), bien que quelques fibres élastiques soient également présentes. Les fibres de collagène varient en diamètre et sont disposées de manière irrégulière à travers la sclère. Les fibrilles de collagène sont notamment disposées parallèlement au sens de la tension élastique ; des paquets de fibrilles sont disposés en volutes, en particulier autour des insertions des muscles extra-oculaires. Cette disposition des fibrilles de collagène externes semblable à des volutes est considérée comme importante car elle contribue à la tension élastique de la sclère.

Lorsque la tunique externe du globe oculaire est vue en coupe transversale, il est possible d'observer trois couches de la sclère d'un point de vue histologique. L'*épiscière* est formée de tissu conjonctif lâche et élastique à la surface externe de la sclère. Elle est plus dense dans les couches profondes et se situe dans le prolongement du *stroma scléreux*. Contrairement à la sclère, l'*épiscière* contient de nombreux petits vaisseaux sanguins. La région de la

sclère la plus proche de l'uvée s'appelle la lamina fusca et contient un petit nombre de cellules pigmentaires (mélanocytes).

La vascularisation de la sclère

La sclère est relativement inactive du point de vue métabolique ; son apport sanguin est donc peu important. La sclère reçoit des nutriments provenant de petits capillaires de l'épiscière ainsi que de la choroïde par l'intermédiaire des branches des longues artères ciliaires postérieures.

L'innervation de la sclère

L'innervation sensorielle de la sclère est fournie à l'arrière par les nerfs ciliaires courts (branche de la division ophtalmique du nerf trijumeau) et à l'avant par les nerfs ciliaires longs.

CORNÉE

La cornée forme le 1/6^e antérieur de la couche externe du globe oculaire et son épaisseur varie de 540 µm à 700 µm. La cornée est plus fine en son centre (épaisse de 0,5 à 0,6 mm) et plus épaisse en périphérie (de 0,7 à 1,0 mm). Avec un rayon de courbure antérieur d'environ 7,8 mm en moyenne, la cornée constitue environ deux tiers du pouvoir réfractif de l'œil. Structuellement, la cornée est composée de cinq couches, appelées l'épithélium, la couche de Bowman, le stroma, la membrane de Descemet et l'endothélium (Figure 2.2).

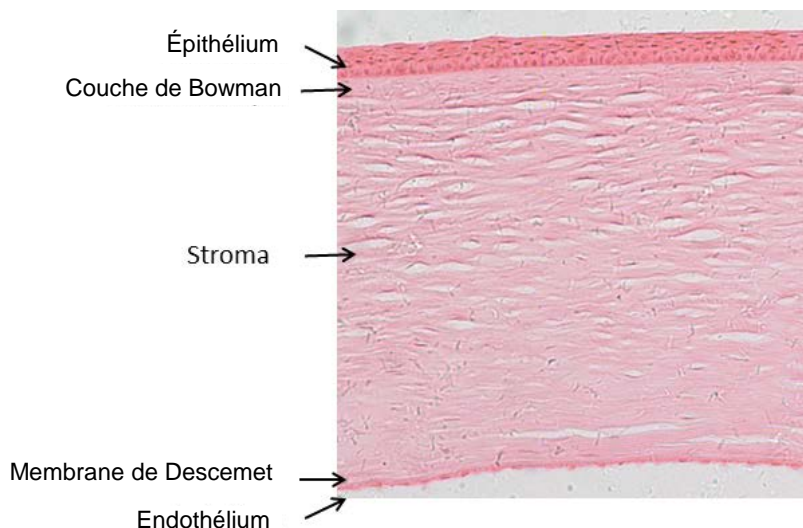


Figure 2.2. Coupe colorée à l'hématoxyline-éosine de la cornée du singe montrant cinq couches histologiques.

L'**épithélium** constitue la tunique la plus externe et interagit avec le film lacrymal. Il se compose de cellules épithéliales squameuses stratifiées non kératinisées épaisses d'environ 50 microns et est de cinq à sept cellules de profondeur. Il fait suite à l'épithélium de la conjonctive bulbaire au niveau du limbe et agit comme la principale barrière de protection contre l'infection de la cornée (Figure 2.3). La couche la plus superficielle des 2-3 couches de cellules squameuses présente des microvillosités et des microplis superficiels (Figure 2.3), qui correspondent à des saillies semblables à des petits doigts servant de point d'adhérence pour le fil lacrymal et permettant d'accroître la superficie des cellules épithéliales afin de faciliter l'échange d'oxygène et de dioxyde de carbone. Des jonctions serrées entre les cellules épithéliales agissent comme barrière de perméabilité de la cornée.

En-dessous des cellules squameuses se trouvent 2 à 3 couches de cellules ailées, dont le nom fait référence à leurs processus cellulaires latéraux. Ces différentes épaisseurs sont maintenues ensemble par de nombreux desmosomes, et la communication intercellulaire est maintenue grâce à un système de jonctions communicantes. La plus profonde des couches épithéliales correspond à une rangée simple de cellules basales cylindriques qui créent une membrane basale nécessaire à l'adhérence de l'épithélium à la membrane de Bowman sous-jacente. Cette couche simple de cellules est la seule couche de la cornée normale dans laquelle on observe une division mitotique. Le mouvement centripète continu des cellules basales depuis les cellules souches limbiques vers le centre, puis vers l'avant à travers les étapes de la différenciation épithéliale vers la surface de la cornée prend de 7

à 8 jours au total. Les zones endommagées sont réparées par mitose et par la migration latérale des cellules environnantes (de forme aplatie) afin de couvrir les zones dénudées (p. ex. suite à une légère éraflure ou une chirurgie réfractive).

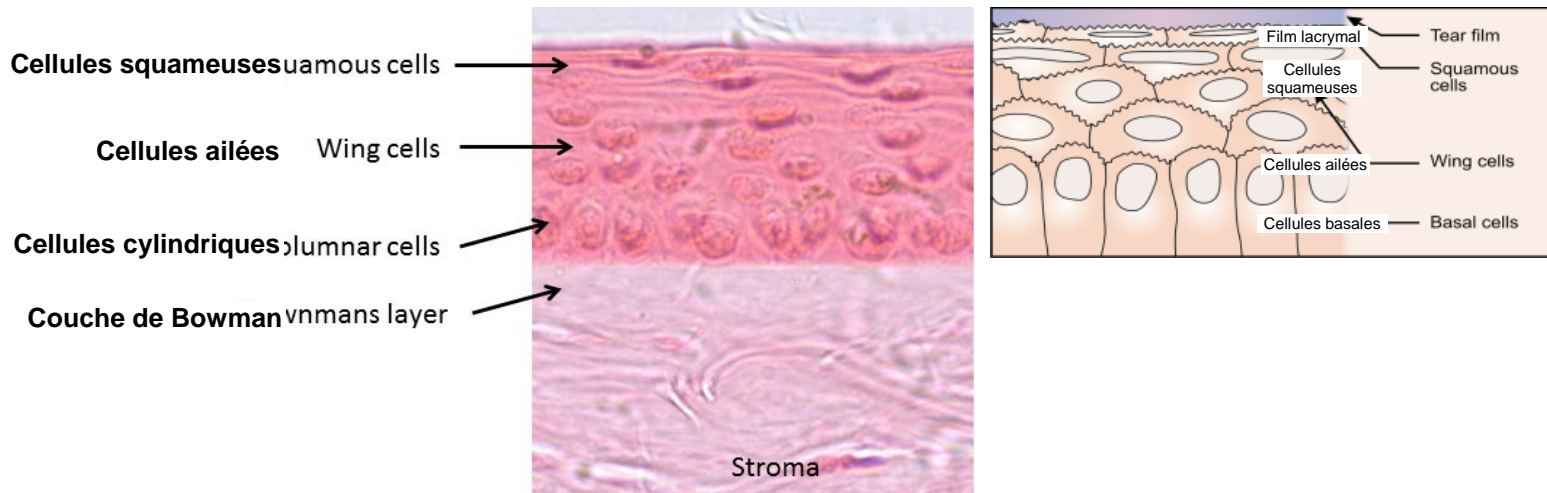


Figure 3.3. (A) Vue à fort grossissement de l'épithélium cornéen, montrant les cellules cylindriques basales, les cellules ailées et les cellules squameuses. (B) représentation schématisée de l'épithélium cornéen.

La **couche de Bowman** a une épaisseur d'environ 10 à 14 microns. Elle est acellulaire et composée de fibrilles de collagène disposées de façon irrégulière qui baignent dans une substance fondamentale constituée de mucoprotéines. La couche de Bowman est acellulaire et contient des fibrilles de collagène de petit diamètre qui, contrairement à celles du stroma cornéen, ne sont pas réparties en paquets. Bien que la couche de Bowman soit parfois qualifiée de « membrane », elle est considérée à plus juste titre comme une zone de transition avec le stroma.

Le **stroma** forme environ 90 % de l'épaisseur totale de la cornée. Il est composé de collagène épais et dense. La disposition des fibrilles de collagène à l'intérieur du stroma cornéen est unique et facilite la transparence de la cornée. Chaque fibrille de collagène mesure de 20 à 25 nm de diamètre et est parallèle à ses fibrilles voisines. De plus, l'espace situé entre chaque fibrille est très structuré. Les groupes de fibrilles sont appelés lamelles. Le stroma est composé de 200 à 250 lamelles de fibrilles de collagène aplaties qui baignent dans des glycosaminoglycanes dans l'ensemble de la cornée. Cette structure stratifiée renforce la cornée. À l'intérieur du stroma, les lamelles sont disposées à des angles différents, bien que dans chacune d'entre elle les fibrilles de collagène soient disposées en parallèle. La transparence de la cornée dépend de la disposition structurée des lamelles et de la similarité du diamètre du collagène. Cette disposition très structurée contraste avec celle du stroma de la sclère dans lequel les fibrilles de collagène varient en diamètre et en densité (Voir Figure 2.5)

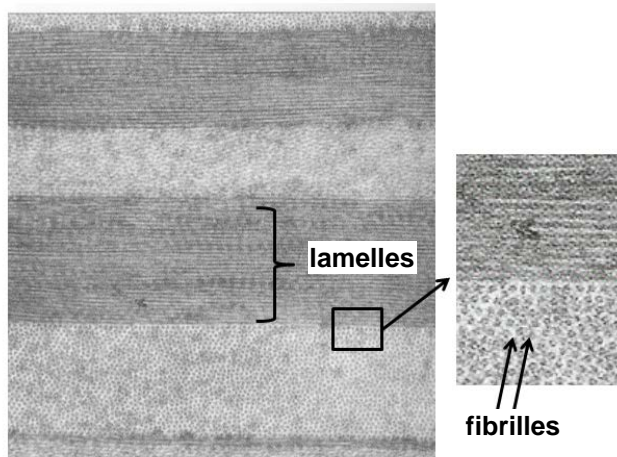


Figure 2.4 Coupe transversale d'une partie du stroma cornéen vue au microscope électronique. Des paquets de fibrilles de collagène, appelés lamelles, sont observés. Chaque lamelle est disposée à un angle différent de la lamelle voisine.

En plus des fibrilles de collagène, le stroma cornéen contient également des kératocytes, qui sont des cellules aplaties présentes entre les lamelles. Ces cellules forment de manière active le collagène et les composants de la matrice extracellulaire du stroma.

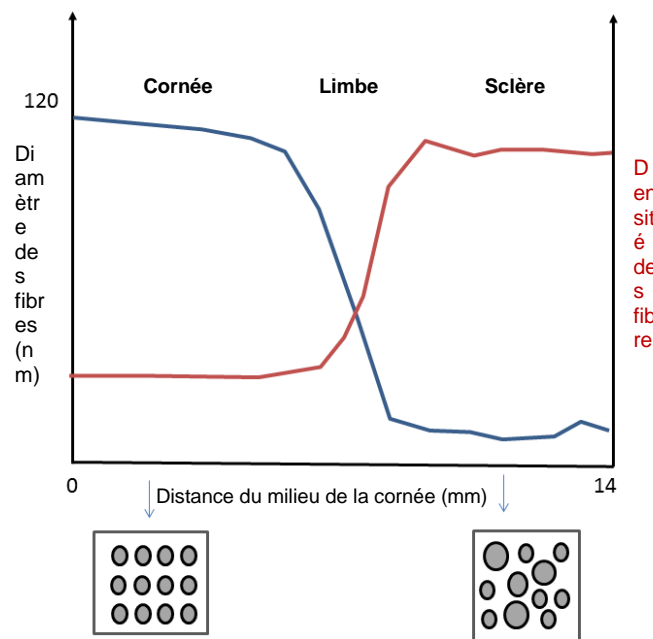


Figure 2.5 : Graphique indiquant la variation de diamètre (ligne rouge) des fibrilles de collagène de la cornée centrale à la sclère et la variation de densité (ligne bleue) des fibrilles de collagènes du milieu de la cornée à la sclère. À l'intérieur de la cornée, les fibrilles de collagène ont toutes un diamètre et une densité semblables. En revanche, dans la sclère, le diamètre du collagène varie considérablement et montre une densité inférieure.

La **membrane de Descemet** est une membrane basale épaisse de 10 microns qui est produite de manière continue au cours de la vie par l'endothélium de la cornée (Figure 2.2). Elle présente de fortes propriétés élastiques et s'arrête de façon brusque au niveau du limbe. Cette terminaison est visible cliniquement grâce à une méthode appelée gonioscopie. Observée au moyen d'un gonioscope, on peut voir la terminaison apparente de la membrane de Descemet qui s'appelle la ligne de Schwalbe.

L'endothélium

L'endothélium correspond à la couche la plus interne de la cornée qui fait face à la chambre antérieure. Il s'agit d'une couche simple de cellules hexagonales aplaties interdigitées dont la surface basale repose sur la membrane de Descemet (Figures 2.2 et 2.6). Il se situe dans le prolongement des cellules endothéliales qui recouvrent le trabéculum. Les cellules endothéliales cornéennes proviennent embryologiquement des cellules de la crête neurale et ont une capacité de prolifération limitée. Leur densité diminue progressivement de 5000 cellules/mm² à la naissance au niveau de la cornée centrale à 1500-2000 cellules/mm² à l'âge adulte. L'endothélium joue un rôle essentiel dans la transparence en préservant l'hydratation et l'épaisseur de la cornée. Ces fonctions dépendent des systèmes de protection et de transport de fluides qui se trouvent à l'intérieur des cellules endothéliales. Les parois des cellules endothéliales hexagonales possèdent de nombreuses stries qui s'interdigitent avec leurs voisines. Cela, ajouté à une série de macula occludens – par opposition aux zonula occludens – située près de la surface apicale, forme une barrière qui laisse légèrement s'écouler le fluide. En conséquence, de larges molécules, à savoir des nutriments tels que le glucose et des acides aminés provenant de l'humeur aqueuse peuvent traverser l'endothélium pour atteindre des couches plus antérieures de la cornée. L'endothélium est essentiel dans le maintien de l'hydratation et de l'épaisseur de la cornée. Cela est possible grâce à une riche collection de pompes métaboliques telles que la Na⁺-K⁺-ATPase, qui pompe activement les ions, y compris le sodium, dans l'humeur aqueuse. L'eau transmet son gradient de concentration de la cornée à l'humeur aqueuse. Des canaux appelés aquaporines sont

également trouvés à la surface des cellules endothéliales, fournissant une voie supplémentaire pour le mouvement du fluide hors de la cornée. L'endothélium est riche en mitochondries et en organites cellulaires, ce qui reflète les besoins métaboliques élevés de ces pompes et systèmes de transports.

La forme hexagonale de l'endothélium cornéen permet d'assurer que l'ensemble de la cornée soit couvert sans laisser de trous. Il existe des contacts uniques entre les cellules adjacentes qui inhibent la prolifération cellulaire. De plus, lorsque des cellules sont perdues, d'autres cellules migrent afin de combler les trous, ce qui entraîne des cellules de tailles différentes, ou ce que l'on appelle le polymégatisme.

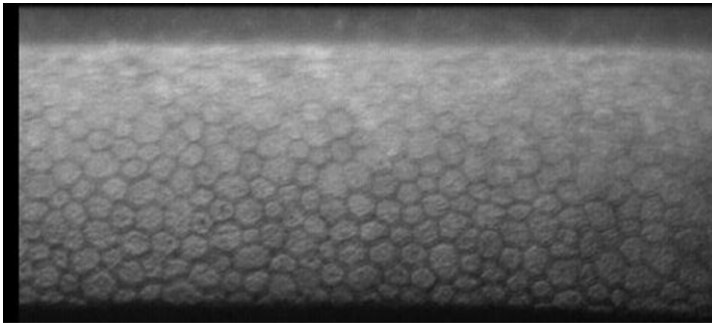


Figure 2.6 L'endothélium cornéen vu par microscopie spéculaire. De petites cellules de forme hexagonale sont visibles.

Vascularisation

La cornée est avasculaire et reçoit des nutriments diffusés par l'humeur aqueuse ainsi que par les réseaux capillaires qui se trouvent dans la conjonctive et l'épislère.

Innervation

La cornée est de 20 à 40 fois plus sensible au toucher que la pulpe des dents, ce qui rend le moindre toucher de la cornée douloureux. La cornée est densément innervée par les nerfs sensoriels qui proviennent des nerfs ciliaires courts et longs et qui correspondent aux branches de la division ophtalmique du nerf trijumeau (5^e nerf crânien). Au moment de leur passage à l'intérieur de la cornée, les nerfs sensoriels perdent leur gaine de myéline. Il existe trois réseaux de fibres sensorielles à l'intérieur de la cornée : un des réseaux est situé au milieu du stroma, un autre est situé dans la couche de Bowman et envoie des branches jusqu'à l'épithélium là où se trouve le troisième réseau de fibres sensorielles. Les nerfs sensoriels de la cornée réagissent à différents types de stimulation en transmettant une sensation de douleur ; pour cette raison, ils constituent essentiellement des récepteurs nociceptifs. Des canaux à potentiel de récepteur transitoire (TRP) thermosensibles ont récemment été identifiés dans l'épithélium cornéen, ce qui suggère que certains récepteurs sensoriels situés à l'intérieur de la cornée pourraient réagir à la température.

JONCTION DE LA CORNÉE ET DE LA SCLÈRE, OU LIMBE

En avant, la sclère rejoint la cornée au niveau du limbe (Figure 2.7). Bien que le limbe soit souvent considéré comme le point de réunion de la sclère et de la cornée, il possède plusieurs fonctions importantes, en particulier dans la guérison des plaies et la nutrition de la cornée périphérique. Au niveau du limbe, l'épithélium cornéen s'épaissit et se transforme pour former l'épithélium de la conjonctive. Le stroma de la cornée prolonge les terminaisons du stroma de la sclère et de la membrane de Descemet. L'endothélium de la cornée forme l'endothélium du trabéculum. En-dessous de l'épithélium de la conjonctive se trouve la sous-muqueuse conjonctive, qui est un tissu lâche qui n'a pas d'équivalent dans la cornée. La capsule de Tenon se trouve juste en-dessous de la sous-muqueuse conjonctive.

Les palissades de Vogt correspondent à des projections radiales de l'épithélium et du stroma limbiques qui se prolongent à l'intérieur de la cornée périphérique. C'est dans cette zone que l'épithélium contiendrait les cellules souches de la cornée qui sont importantes pour la formation de l'épithélium cornéen.

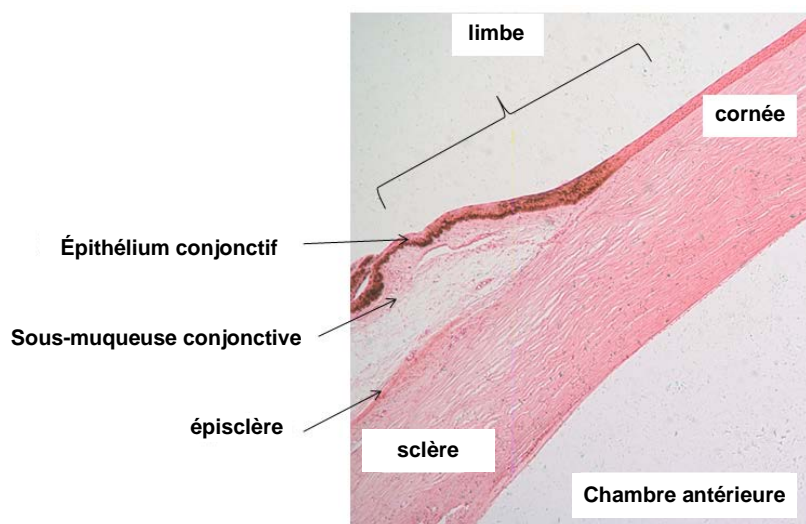


Figure 2.7. Coupe de l'œil du singe montrant le limbe, la cornée et la conjonctive