



Royaume du Maroc المملكة المغربية

كلية الطب والصيدلة  
+0240011 I +013113+ A +000X0+  
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 2018

Thèse N° 042/18

**LA TRABECULECTOMIE :**  
EXPÉRIENCE DU SERVICE D'OPHTALMOLOGIE DU CHU HASSAN II DE FÈS  
(A propos de 103 yeux)

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 23/02/2018

PAR

Mlle. CHAHRAZAD BENMLIH

Née le 23 Février 1992 à Oujda

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Glaucome – Trabéculéctomie – Mitomycine C

JURY

- M. BENATIYA ANDALOUSSI IDRIS ..... PRESIDENT et RAPPORTEUR  
Professeur agrégé d'Ophtalmologie
- Mme. ABDELLAOUI MERIEM .....  
Professeur agrégé d'Ophtalmologie
- M. BERADAI MOHAMED ADNANE .....  
Professeur agrégé d'Anesthésie réanimation
- M. CHRAIBI FOUAD ..... MEMBRE ASSOCIÉ  
Professeur assistant d'Ophtalmologie
- } JUGES

# PLAN

<b>PLAN</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>9</b>
<b>RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES</b>	<b>12</b>
I. RAPPELS ANATOMIQUES	13
A. Constitution de l'angle irido-cornéen	13
1. La paroi antérieure cornéo-sclérale	13
2. La paroi postéro-interne irido-ciliaire	14
3. Le sommet de l'angle	16
B. Le trabéculum et les voies d'écoulement de l'humeur aqueuse	16
1. La voie principale : Voie trabéculocanaliculaire	16
2. La voie accessoire : Voie uvéosclérale	20
C. Anatomie chirurgicale de l'angle irido-corneen	20
1. La conjonctive bulbaire	20
2. La capsule de Tenon	20
3. L'épislère	21
4. La sclère	21
II. PHYSIOLOGIE DE L'HUMEUR AQUEUSE ET DE LA PRESSION INTRAOCULAIRE	22
A. Physiologie de l'humeur aqueuse	22
1. Formation de l'humeur aqueuse	22
2. Excrétion de l'humeur aqueuse	24
B. Pression intraoculaire (PIO)	25
1. Structures anatomiques impliquées dans la pression intraoculaire	25
2. La pression intraoculaire normale	27
<b>LES GLAUCOMES</b>	<b>29</b>
I. DEFINITION	30
II. CLASSIFICATION	30
III. EPIDEMIOLOGIE	32
IV. DEPISTAGE	32

V. ETUDE CLINIQUE -----	33
A. Facteurs de risque -----	33
B. Circonstances de découverte -----	33
C. Acuité visuelle et réfraction -----	33
D. Examen des annexes -----	34
1. Analyse du segment antérieur -----	34
2. Mesure clinique de la pression intraoculaire -----	35
3. Gonioscopie -----	35
4. Evaluation clinique de la tête du nerf optique -----	38
5. Explorations paracliniques -----	39
6. Traitement -----	40
7. Moyens thérapeutiques -----	41
<b>LA TRABECULECTOMIE-----</b>	<b>49</b>
I. HISTORIQUE DE LA CHIRURGIE FILTRANTE DANS LE GLAUCOME -----	50
II. LA TECHNIQUE CHIRURGICALE -----	51
A. PREPARATION A LA CHIRURGIE -----	51
B. TEMPS OPERATOIRES -----	52
1. Anesthésie -----	52
2. Technique opératoire -----	52
C. Les variantes chirurgicales -----	61
1. La stratégie « Toucher le moins possible » -----	61
2. La stratégie P. Khaw -----	61
3. Incision conjonctivale au limbe ou au fornix -----	62
4. Rapport taille de la trappe/Taille du volet -----	62
5. Particularités du glaucome congénital -----	63
6. Utilisation des antimétabolites -----	64
III. LES INDICATIONS DE LA TRABECULECTOMIE -----	67
IV. LES COMPLICATIONS -----	69

A. Les complications peropératoires -----	69
1. Suture de traction -----	69
2. Lambeau conjonctival -----	69
3. Application de la Mitomycine C -----	69
4. Dissection du volet scléral -----	70
5. Sclérostomie-----	70
6. Lésions cornéennes -----	70
7. Iridectomie -----	70
8. Hyphéma -----	71
9. Décollement choroidien -----	71
B. Les complications post-opératoires -----	72
1. La cicatrisation fibreuse -----	72
2. La fuite conjonctivale -----	73
3. L'hypotonie persistante -----	74
4. L'endophtalmie -----	75
5. L'Hyphéma -----	76
6. L'effet cataractogène -----	76
<b>ETUDE PRATIQUE -----</b>	<b>77</b>
I. CADRE DE L'ETUDE-----	78
II. MATERIEL-----	78
III. METHODES -----	78
<b>RESULTATS -----</b>	<b>79</b>
I. EPIDEMIOLOGIE -----	80
II. ETUDE CLINIQUE -----	82
III. TECHNIQUE CHIRURGICALE -----	91
IV. RESULTATS -----	93
V. COMPLICATIONS-----	96
VI. TAUX DE REUSSITE -----	98

<b>DISCUSSION</b>	<b>99</b>
I. EPIDEMIOLOGIE	100
II. ETUDE CLINIQUE	102
III. TECHNIQUE CHIRURGICALE	106
IV. RESULTATS PRESSIONNELS : TAUX DE SUCCES	108
V. RESULTATS FONCTIONNELS	111
VI. LES COMPLICATIONS POST OPERATOIRES	112
VII. LES FACTEURS D'ECHEC DE LA TRABECULECTOMIE	114
VIII. LES ALTERNATIVES CHIRURGICALES	117
A. SCLERECTOMIE PROFONDE NON PERFORANTE AVEC TRABECULECTOMIE EXTERNE.	117
B. Chirurgies filtrantes ab externo sans bulle de filtration	121
C. Chirurgies filtrantes ab externo avec bulle de filtration postérieure utilisant des implants de drainage (Baerveldt, Molteno et valve d'Ahmed)	122
D. Ex-PRESS™	123
<b>CONCLUSION</b>	<b>127</b>
<b>RESUMES</b>	<b>129</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>133</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ADN</b>	: acide désoxyribonucléique.
<b>AIC</b>	: angle irido-cornéen.
<b>ATCD</b>	: antécédents.
<b>BAK</b>	: benzalkonium.
<b>BAV</b>	: baisse de l'acuité visuelle.
<b>BHA</b>	: barrière hémato aqueuse.
<b>BDF</b>	: bulle de filtration.
<b>BRE</b>	: bleb related endophtalmitis.
<b>BSS</b>	: Balanced Salt Solution.
<b>CGR</b>	: cellules ganglionnaires rétiniennes.
<b>C/D</b>	: cup/disc.
<b>DC</b>	: décollement choroïdien.
<b>ECC</b>	: épaisseur cornéenne centrale.
<b>GAFA</b>	: glaucome aigu par fermeture de l'angle.
<b>CMIG</b>	: chirurgie micro-invasive ou mini-invasive du glaucome
<b>GPAO</b>	: glaucome primitif à angle ouvert.
<b>HA</b>	: humeur aqueuse.
<b>HTO</b>	: hypertonie oculaire.
<b>LP</b>	: libération prolongée.
<b>MMC</b>	: mitomycin C.
<b>MTD</b>	: membrane trabéculodescemétique.
<b>MTE</b>	: membrane trabéculaire externe.
<b>OCT</b>	: tomographie par cohérence optique.
<b>PIO</b>	: pression intraoculaire.

**RNFL** : épaisseur de la couche des fibres neuro-rétiniennes.

**TIO** : tension intraoculaire.

**5FU** : 5-fluoro-uracile.

# INTRODUCTION

La chirurgie du glaucome est habituellement proposée lorsque le traitement médical maximum toléré est insuffisant pour atteindre une pression intraoculaire (PIO) cible.

Depuis son introduction en 1968 par Cairns<sup>(1)</sup>, la trabéculéctomie est devenue la procédure chirurgicale standard de première ligne du glaucome. Plusieurs études, dont la Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS)<sup>(2)</sup>, un grand essai clinique prospectif randomisé multicentrique, ont suggéré que la trabéculéctomie réduit de manière prévisible la PIO à un niveau inférieur comparé aux médicaments, mais elle comporte le risque de complications chirurgicales considérables.

Cette intervention consiste à créer une valve qui permet le passage de l'humeur aqueuse sous la conjonctive et la capsule de Tenon, entraînant ainsi la formation d'une bulle de filtration.

Ses résultats sont universellement reconnus comme excellents.

Par ailleurs il peut y avoir des échecs qui sont presque toujours dus selon Cairns<sup>(1)</sup> à une cicatrisation de la conjonctive et de la capsule de Tenon, c'est dû, souvent, à des modifications préalables que l'on doit attribuer à une précédente chirurgie, à une maladie conjonctivale préexistante, à un mauvais fonctionnement lacrymal ou à la longue administration de collyres contenant des conservateurs. Quelques fois, l'échec est dû à une manipulation traumatisante de tissus au moment de la chirurgie.

La surveillance post opératoire de la trabéculéctomie étant indispensable pour la détection des complications précoces et la prévention des complications tardives, il apparaît important de suivre certains indicateurs liés à la reprise tardive de l'hypertonie intraoculaire, l'importance de l'hypotonie oculaire ainsi qu'à l'évolution de la maladie malgré la normalisation de la tension oculaire.

La présente étude consiste à analyser les différents aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs des patients opérés par trabéculéctomie au sein du service d'ophtalmologie au CHU HASSAN II de Fès, à évaluer les résultats de la trabéculéctomie notamment les résultats fonctionnels ainsi qu'à rechercher les différentes complications et facteurs d'échec de cette chirurgie.

# RAPPELS ANATOMIQUES

ET

# PHYSIOLOGIQUES

## I. RAPPELS ANATOMIQUES :

Le sommet de l'angle irido-cornéen (AIC) dessine une circonférence concentrique au limbe et les limites de ses parois sont représentées par l'anneau de Schwalbe et par la ligne des crêtes iriennes de Busacca<sup>(3)</sup>.

L'anatomie de la région de l'angle irido-cornéen doit être bien connue pour l'étude de l'écoulement de l'humeur aqueuse hors du globe, pour l'appréciation de ses divers constituants en gonioscopie, et pour la réalisation de la chirurgie des glaucomes, notamment de la trabéculéctomie.

### A. Constitution de l'angle irido-cornéen :

Ses limites conventionnelles sont:

En avant, l'anneau de Schwalbe qui marque l'extrémité périphérique de la membrane de Descemet, en arrière, le dernier pli concentrique de l'iris.

Il est constitué de deux parois et un sommet :

#### 1. La paroi antérieure cornéo-sclérale (figure 1) :

Elle est composée du limbe scléro-cornéen en avant et d'une partie de la sclère adjacente en arrière. C'est la pièce maîtresse de l'architecture du segment antérieur en établissant un cadre rigide pour la cornée et l'insertion du muscle ciliaire.

D'avant en arrière, elle comprend:

- **Le versant cornéen** avec l'anneau de Schwalbe, condensation de la membrane de descemet, visible en gonioscopie sous forme d'une ligne translucide faisant légèrement saillie, parfois marquée par la présence de dépôts pigmentaires surtout chez le sujet âgé.

L'endothélium cornéen qui le tapisse est en continuité avec l'endothélium des cordages trabéculaires.

- **Le versant scléral** comporte deux éléments annulaires en relief: le septum scléral en avant et l'éperon scléral en arrière, séparés par la gouttière sclérale :
  - Le septum scléral constitue la lèvre interne de la rainure sclérale creusée dans le bord antérieur de la coque sclérale. C'est dans cette rainure que vient s'enchâsser la périphérie de la cornée.
  - La gouttière sclérale se présente comme une encoche annulaire creusée dans la sclère. C'est dans cette gouttière que vient se loger le canal de Schlemm recouvert du trabéculum.
  - L'éperon scléral est le repère gonioscopique et chirurgical le plus important, c'est un promontoire blanc nacré triangulaire à la coupe, particulièrement visible dans les cas de récession de l'angle ou après cyclodialyse, ses fibres sont circulaires et parallèles au limbe.

## 2. La paroi postéro-interne irido-ciliaire (figure 2) :

Elle correspond à la racine de l'iris, dont seule la paroi antérieure entre dans la constitution de l'angle. La limite interne de l'angle est représentée par la région ciliaire de l'iris qui réalise des plis concentriques dont le plus périphérique prend le nom de ligne des crêtes de Busacca<sup>(3)</sup>.

Cette insertion laisse dégagée une partie du muscle ciliaire, visible en gonioscopie quand l'angle est ouvert: c'est la bande ciliaire. Elle est formée par la partie antérieure du stroma et du muscle ciliaire et n'est pas recouverte d'un épithélium: elle est donc en partie perméable à l'humeur aqueuse.

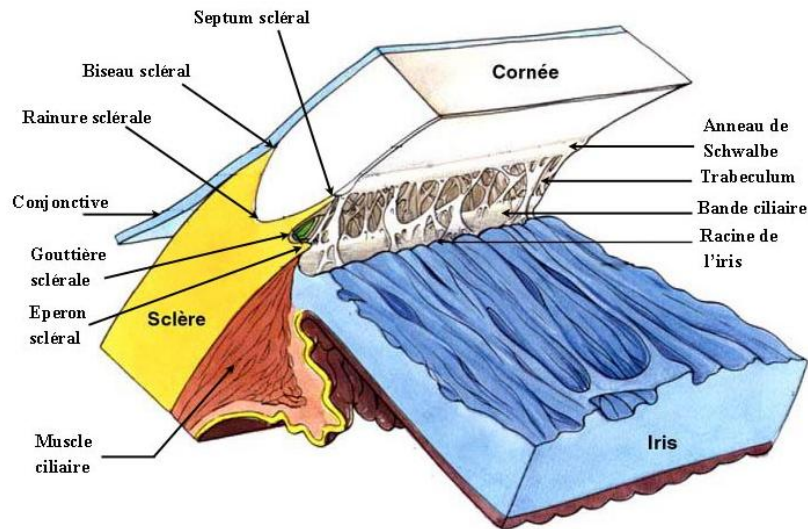


Figure 1 : Coupe transversale montrant la structure de l'angle irido-cornéen<sup>(4)</sup>

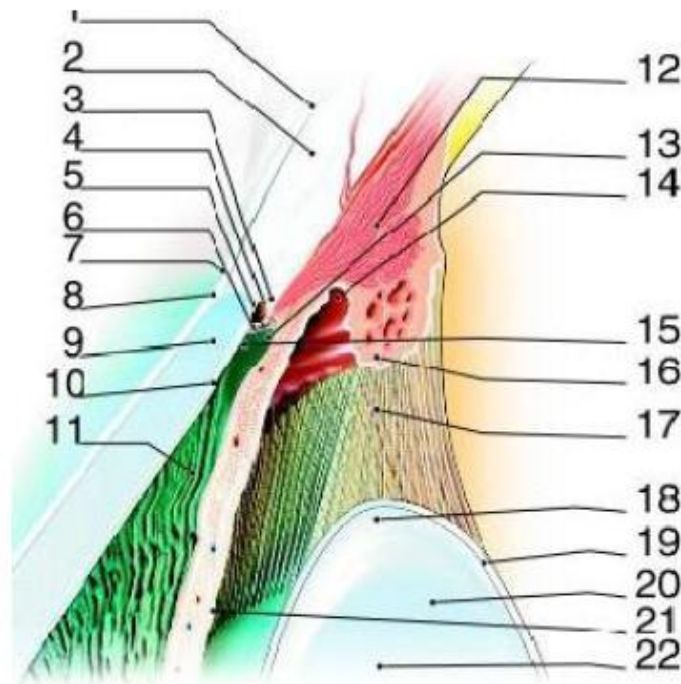


Figure 2 : Coupe sagittale de l'angle irido-cornéen<sup>(5)</sup>

1. Conjonctive ; 2. Sclère ; 3. Eperon scléral ; 4. Canal de Schlemm ; 5. Trabéculum uvéal ; 6. Trabéculum cribiliforme et scléral ; 7. Limbe ; 8. Epithélium cornéen ; 9. Stroma cornéen ; 10. Endothélium cornéen et membrane de Descemet ; 11. Chambre antérieure ; 12. Muscle ciliaire ; 13. Trabécules iriens ; 14. Chambre postérieure ; 15. Anneau de Schwalbe ; 16. Procès ciliaires ; 17. Fibres zonulaires ; 18. Equateur du cristallin ; 19. Capsule cristalinienne ; 20. Cristallin ; 21. Feuillet postérieur de l'iris ; 22. Iris.

### **3. Le sommet de l'angle :**

Le sommet de l'angle est en fait émoussé par la partie musculaire du corps ciliaire située entre l'éperon scléral et la racine de l'iris.

L'AIC est tapissé dans sa totalité par le trabéculum. C'est une bande de tissu filtrant, disposée en anneau parallèle au limbe en profondeur. Il est tendu de l'anneau de Schwalbe en avant, à l'éperon scléral et à la racine de l'iris en arrière. Sa face externe est accolée au mur interne du canal de Schlemm contenu dans la gouttière sclérale, alors que sa face interne est en contact avec l'humeur aqueuse de la chambre antérieure.

### **B. Le trabéculum et les voies d'écoulement de l'humeur aqueuse :**

Chez l'homme non glaucomateux, près de 90 % de l'humeur aqueuse s'écoule hors de l'œil au travers des tissus de l'AIC vers le canal de Schlemm et ses efférents puis vers les vaisseaux épiscléraux et conjonctivaux. Cette sortie n'est pas libre, mais canalisée, au prix d'une certaine résistance à l'écoulement au travers de structures anatomiques qui constituent la voie principale à l'écoulement.

Par ailleurs, une certaine quantité d'humeur aqueuse gagne l'uvée et sort de l'œil en traversant la sclère, constituant la voie accessoire dite uvéo-sclérale.

#### **1. La voie principale : Voie trabéculocanaliculaire :**

##### **1.1. Le filtre trabéculaire : Figure (3)**

Le trabéculum se compose de deux triangles accolés ayant le même sommet antérieur au niveau de la région de l'anneau de Schwalbe.

Le triangle externe occupe toute la gouttière sclérale : C'est le trabéculum scléral.

Le triangle interne est plus étiré et s'épanouit en éventail : C'est le trabéculum uvéal.

Le trabéculum est un assemblage de feuillets superposés, ajourés de nombreux orifices ovalaires, décalés les uns par rapport aux autres entre deux feuillets contigus.

Selon leur configuration on subdivise les différents groupes de feuillets trabéculaires, de l'intérieur vers l'extérieur, en trabéculum uvéal, trabéculum scléral et trabéculum cribriforme ou juxta-canaliculaire :

Le trabéculum uvéal est l'élément le plus interne du trabéculum, directement en contact avec l'humeur aqueuse. Il est constitué de feuillets qui prennent naissance au niveau de l'anneau de Schwalbe et se dirigent vers l'éperon scléral et la racine de l'iris. Il ne constitue pas un obstacle à l'écoulement de l'humeur aqueuse.

Le trabéculum scléral est la région la plus épaisse, la plus dense et la plus riche en feuillets. Ceux-ci naissent de l'anneau de Schwalbe et leur nombre augmente progressivement à la suite de subdivisions et d'additions atteignant le maximum en avant de l'éperon scléral où ils se terminent.

Le trabéculum cribriforme est une zone intermédiaire entre le mur interne du canal de Schlemm et le trabéculum scléral. C'est une couche de tissu conjonctif lâche, sans structure feuilletée caractéristique. Le trabéculum cribriforme pourrait être le site principal de la résistance de l'écoulement de l'humeur aqueuse.

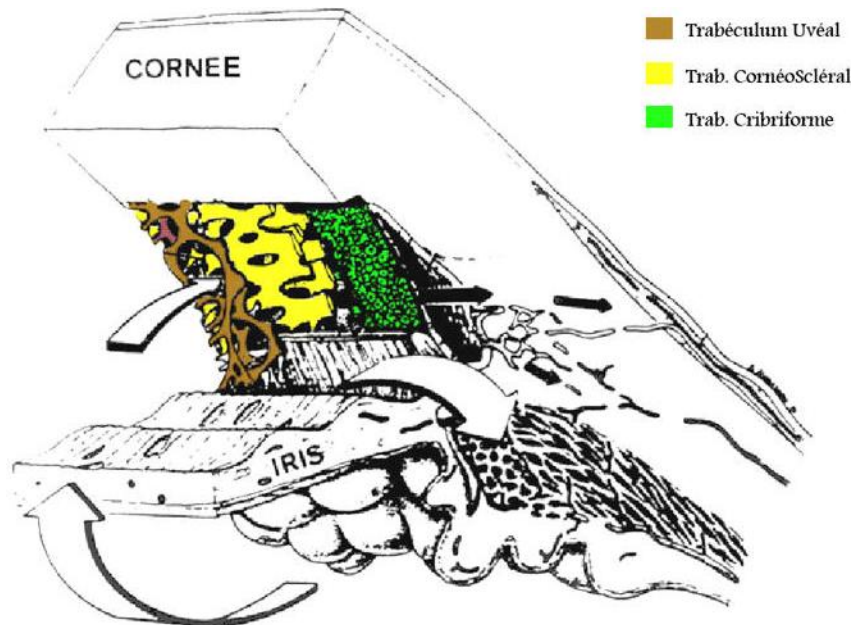


Figure 3 : Coupe transversale de l'angle irido-cornéen montrant les différentes parties du trabéculum<sup>(4)</sup>.

### 1.2. Le canal de Schlemm : (Figure 4)

Situé au fond de la gouttière sclérale, ce canal circulaire est parallèle au limbe. Il est en relation avec la chambre antérieure et avec les veines épisclérales. Il renferme de l'humeur aqueuse et parfois du sang.

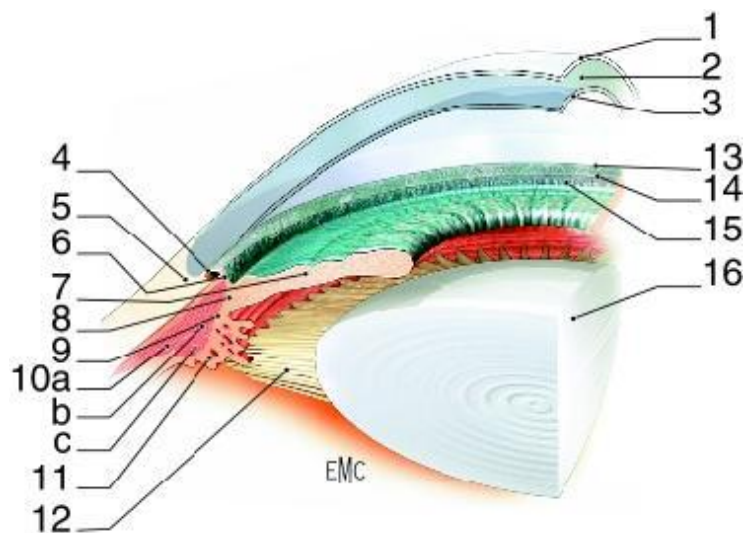
Sa structure histologique est celle d'un vaisseau dont l'aspect de l'endothélium diffère selon le rapport scléral ou trabéculaire du canal. La paroi externe donne naissance aux vaisseaux collecteurs. La paroi interne ou mur interne est formée d'une couche continue de cellules endothéliales reposant sur une membrane basale. Elles sont unies entre elles par des liaisons solides et étanches, les zonulae occludens, qui réalisent une véritable barrière au passage de l'humeur aqueuse.

Cependant, les communications entre le canal de Schlemm et le trabéculum semblent se faire par la présence de vacuoles géantes intracellulaires qui s'ouvrent vers le trabéculum ou vers le canal.

### 1.3. Les voies efférentes du canal de Schlemm :

Les canaux efférents ou vaisseaux collecteurs émergent de la paroi externe du canal de Schlemm. Ils s'anastomosent fréquemment en élaborant un plexus de vaisseaux aqueux qui se draine dans le réseau veineux superficiel épiscléral et conjonctival.

Parallèlement à ce réseau, il existe une voie directe, du canal de Schlemm aux veines épisclérales, en passant par les veines aqueuses.



**Figure 4 : Vue endoculaire schématique de l'angle irido-cornéen<sup>(5)</sup>**

1. Épithélium cornéen ; 2. Stroma cornéen ; 3. Endothélio-Descemet ; 4. Canal de Schlemm ;
5. Sclère ; 6. Trabéculum ; 7. Iris ; 8. Racine de l'iris ; 9. Corps ciliaire ; 10. Muscle ciliaire :
- a. faisceau longitudinal ; b. faisceau circulaire ; c. Faisceau radiaire ; 11. Procès ciliaires ;
12. Fibres zonulaires ; 13. Anneau de Schwalbe ; 14. Éperon scléral ; 15. Bande ciliaire ;
16. cristallin.

## **2. La voie accessoire : Voie uvéosclérale :**

L'absence de barrière épithéliale, au niveau de l'angle iridocornéen, entre la chambre antérieure et le corps ciliaire permet à l'humeur aqueuse d'entrer dans le corps ciliaire à travers la racine de l'iris.

L'humeur aqueuse peut passer librement entre les faisceaux musculaires et gagner les espaces supraciliaire et suprachoroïdien. De là, elle traverse la sclère directement, ou en empruntant les espaces périvasculaires, voies de pénétration des vaisseaux sanguins et des nerfs. Hors de l'oeil, dans le tissu orbitaire, l'humeur aqueuse est en partie réabsorbée par les vaisseaux sanguins orbitaires et en partie drainée via les vaisseaux lymphatiques de la conjonctive.

## **C. Anatomie chirurgicale de l'angle irido-corneen (Figure 5) :**

L'abord chirurgical de l'angle iridocornéen fait rencontrer successivement la conjonctive bulbaire, la capsule de Tenon, l'épislère et la sclère. La projection de la partie filtrante du trabéculum et du canal de Schlemm à la surface du globe s'évalue approximativement à 1,5 mm en arrière du limbe chirurgical et à 0,5 mm en arrière du sillon sclérocornéen.

### **1. La conjonctive bulbaire.**

La conjonctive bulbaire normale se laisse plisser sur les plans profonds dont elle est séparée par l'espace conjonctivo-tenonien occupé par un tissu cellulaire lâche. Son insertion à la périphérie de la cornée marque le limbe anatomique.

### **2. La capsule de Tenon.**

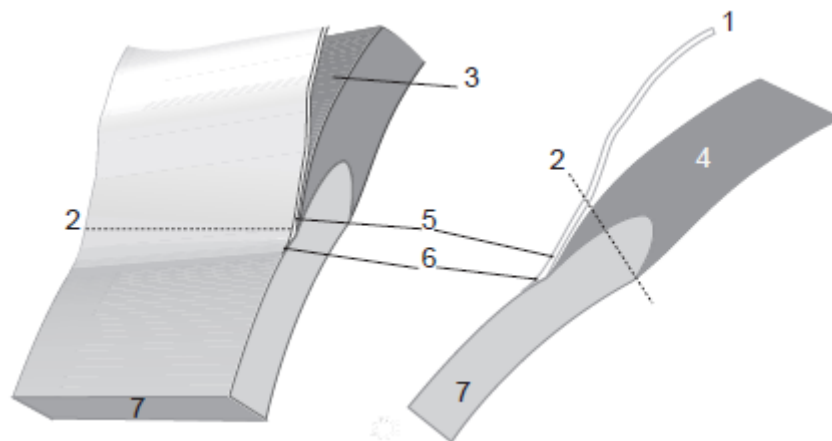
Elle est constituée, dans sa portion bulbaire, de deux feuillets accolés, qui sont la continuation des gaines musculaires. Sa face interne forme avec l'épislère l'espace sous-tenonien ou épisléral. La trabéculectomie empreinte ce plan de clivage, qui s'étend jusqu'au limbe chirurgical, zone de transition gris bleuté, entre la sclère et la cornée.

### 3. L'épislère.

L'épislère qui recouvre directement la sclère est formée d'un tissu conjonctif assez dense sillonné par un riche réseau vasculaire issu des vaisseaux ciliaires antérieurs.

### 4. La sclère.

L'approche du trabéculum et du canal de Schlemm est facilitée par la taille d'un volet scléral et par l'utilisation du microscope opératoire. Avec un volet intéressant la moitié de l'épaisseur sclérale, la région recherchée se trouve dans une zone de coloration intermédiaire entre la blancheur sclérale et le bleu-gris cornéen. Avec un volet plus épais (4/5-1/5), le plan de clivage permet d'arriver vers le canal de Schlemm. L'éperon scléral constitue alors le repère chirurgical essentiel. Il apparaît macroscopiquement comme un anneau blanc nacré. Les fibres sclérales orientées en tout sens au niveau scléral, deviennent parallèles au limbe à son niveau. La lamellisation profonde permet d'ouvrir le canal de Schlemm, situé juste en avant de l'éperon scléral, et d'exposer son plancher, c'est-à-dire le mur interne et le trabéculum.



**Figure 5: Anatomie chirurgicale de l'angle irido-cornéen : principaux repères<sup>(5)</sup>**

1. Conjonctive ; 2. Limbe chirurgical ; 3. Espace épisléral ; 4. Sclère ;  
5. Conjonctif dense adhérent ; 6. Limbe anatomique ; 7. Cornée.

## **II. PHYSIOLOGIE DE L'HUMEUR AQUEUSE ET DE LA PRESSION INTRAOCULAIRE (6) :**

### **A. Physiologie de l'humeur aqueuse :**

L'humeur aqueuse est formée au niveau des procès ciliaires du corps ciliaire, à partir du plasma. Elle est sécrétée dans la chambre postérieure et gagne la chambre antérieure à travers la pupille. Dans la chambre antérieure, l'humeur aqueuse, modifiée dans sa composition du fait des échanges avec les tissus rencontrés, va être éliminée au niveau de l'angle iridocornéen par la voie principale trabéculocanaliculaire et par la voie accessoire uvéosclérale.

En dehors de son influence primordiale sur la PIO et de son rôle optique, l'humeur aqueuse assure, en outre, une fonction métabolique nutritionnelle vis-à-vis du cristallin, de la cornée et du trabéculum, aussi bien par les nutriments qu'elle leur fournit que par leurs déchets qu'elle élimine.

#### **1. Formation de l'humeur aqueuse :**

##### **1.1. Structures impliquées dans la formation de l'humeur aqueuse :**

L'humeur aqueuse provient du sang mais sa composition en est bien différente, les deux liquides étant séparés par une barrière anatomique et fonctionnelle appelée barrière hématoaqueuse (BHA).

La production de l'humeur aqueuse trouve sa source au sein du corps ciliaire, situé postérieurement au plan de l'iris délimitant la paroi externe de la chambre postérieure.

## 1.2. Mécanismes en jeu pour la formation de l'humeur aqueuse :

Les capillaires dans le stroma ciliaire sont fenêtrés, ce qui permet des échanges rapides des solutés entre le sang et le stroma ciliaire. Leur filtration dépend des forces s'exerçant de part et d'autre de la paroi capillaire. Elle est donc directement liée à la pression hydrostatique du capillaire, la pression hydrostatique du tissu stromal, la pression osmotique du capillaire et la pression osmotique du tissu stromal, selon la loi de Starling :

$$F = C \times (P_{hc} - P_{ht}) + (P_{osmt} - P_{osmc})$$

F : flux d'humeur aqueuse ; C : constante ;  $P_{hc}$  : pression hydrostatique capillaire ;  $P_{ht}$  : pression hydrostatique tissulaire ;  $P_{osmt}$  : pression osmotique tissulaire ;  $P_{osmc}$  : pression osmotique capillaire.

Au niveau de l'épithélium ciliaire, les éléments sanguins, présents dans le stroma et les espaces intercellulaires franchissent la BHA pour produire l'humeur aqueuse dans la chambre postérieure selon plusieurs mécanismes : – La diffusion simple : concerne les petites molécules liposolubles ;

- La diffusion facilitée : met en jeu un transporteur membranaire protéique ;
- L'ultrafiltration : sépare les molécules biologiques en fonction de leur taille moléculaire, expliquant ainsi la pauvreté de l'humeur aqueuse en protéines de gros poids moléculaire, retenues par le filtre ;
- La sécrétion active : permet le transfert grâce à des pompes énergie-dépendantes : cela concerne principalement le transport actif du sodium par une pompe à sodium contenue dans la paroi des cellules claires de l'épithélium ciliaire.

### **1.3. Débit de l'humeur aqueuse :**

Le débit du flux d'HA peut être mesuré par plusieurs méthodes dont la plus couramment utilisée actuellement est la fluorophotométrie. L'introduction de la fluorescéine dans la chambre antérieure se fait à partir d'instillations locales du colorant qui traverse la cornée.

Le débit d'HA mesuré par fluorophotométrie est de l'ordre de 2,50  $\mu\text{L}/\text{min}$  en période diurne. Ceci représente un renouvellement de 1 % par minute du volume qu'elle occupe au niveau du segment antérieur. Le renouvellement complet de l'humeur aqueuse se fait donc en moins de 2 heures.

La sécrétion de l'humeur aqueuse n'est pas constante sur le nyctémère. Elle dépend d'un rythme circadien avec une diminution du taux de sécrétion la nuit.

### **1.4. Régulation de la formation de l'humeur aqueuse :**

Dans les conditions normales, la vitesse de formation de l'humeur aqueuse a peu de raison de varier ; il n'est donc pas certain que, en dehors des variations de nature circadienne, un véritable mécanisme régulateur existe. Les facteurs influençant cette sécrétion sont néanmoins nombreux, les mieux connus étant liés à l'action du système nerveux autonome. L'influence du système nerveux central, bien qu'évoquée devant des modifications de la PIO consécutives à des stimulations notamment de la région hypothalamique, n'est jusqu'à présent pas clairement établie.

## **2. Excrétion de l'humeur aqueuse :**

L'humeur aqueuse sort de la chambre antérieure au niveau de l'angle iridocornéen. Cette évacuation s'effectue pour 90 % par la voie principale trabéculocanaliculaire constituée par le trabéculum, le canal de Schlemm et ses vaisseaux efférents, et pour 10% par les voies accessoires uvéosclérales. Les échanges avec l'iris sont limités car la pression capillaire est trop élevée pour permettre une excrétion irienne.

## **B. Pression intraoculaire (PIO):**

La PIO résulte de l'équilibre entre le contenu du globe et son contenant.

### **1. Structures anatomiques impliquées dans la pression intraoculaire:**

#### **1.1. Contenu oculaire :**

**Le cristallin:** son augmentation de volume avec l'âge sur une chambre antérieure étroite, son intumescence ou la libération de matériel protéique cristallinien lors de cataractes évoluées, sont autant de circonstances physiopathologiques qui conduisent à une augmentation de la PIO.

**Le vitré:** il représente les deux tiers du volume du globe, et peut être soumis à des variations volumétriques, fonction de son hydratation, qui se répercuteront sur la PIO.

**L'uvéa:** une augmentation brutale du volume sanguin uvéal entraîne une élévation importante et immédiate de la PIO.

**L'humeur aqueuse:** son rôle est essentiel dans la détermination de la PIO comme nous allons le voir.

#### **1.2. Contenant oculaire :**

La coque cornéo-sclérale est composée de fibres de collagène et de fibres élastiques, dont la capacité de distension est très faible chez l'adulte contrairement à l'enfant (buphtalmie lors d'hypertonie oculaire).

#### **1.3. La résistance normale à l'écoulement de l'humeur aqueuse :**

La PIO résulte en grande partie de l'équilibre entre sécrétion et élimination de l'humeur aqueuse. Cette élimination se fait, comme nous l'avons vu précédemment, pour 90 % par voie trabéculocanaliculaire, et pour 10 % par voie uvéosclérale.

La résistance normale à l'écoulement de l'humeur aqueuse semble donc se situer essentiellement au niveau du trabéculum cribiforme et de la paroi interne du canal de Schlemm.

Au niveau de la voie uvéosclérale, la résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse dépend essentiellement de l'état du muscle ciliaire: elle est augmentée lors de la contraction du muscle qui réduit les espaces entre les faisceaux de fibres.

#### **1.4. La résistance anormale à l'écoulement de l'humeur aqueuse :**

La résistance pathologique à l'écoulement peut se localiser sur tout le trajet des voies d'écoulement de l'humeur aqueuse.

La résistance pré-trabéculaire se rencontre dans le glaucome par fermeture de l'angle primitif ou secondaire. Il existe alors un accolement de la racine de l'iris au niveau de la face antérieure de la cornée.

On la retrouve également dans les glaucomes congénitaux où il est classique de considérer qu'un tissu mésodermique anormal vient recouvrir la surface interne du trabéculum.

La résistance trabéculaire et celle de la paroi interne du canal de Schlemm se rencontrent dans le glaucome chronique primitif à angle ouvert. Les mécanismes sont encore mal connus mais il est vraisemblable qu'un déficit cellulaire, quantitatif et qualitatif, soit à la base des modifications que l'on constate au sein du trabéculum et au niveau du canal de Schlemm.

Les conséquences de ce double déficit seront alors multiples:

- Modification des protéines synthétisées,
- Diminution de la capacité d'ancrage du réseau cellulaire.
- Modification des fibres élastiques,
- Déficit de la capacité phagocytaire,
- Déficit enzymatique cellulaire.

De plus, il existe une diminution du nombre de vacuoles géantes au niveau de la couche endothéliale, et donc une diminution de l'évacuation de l'humeur aqueuse. La résistance dans la lumière du canal de Schlemm serait, pour certains, une cause au glaucome primitif à angle ouvert.

En définitive, même si le collapsus canaliculaire n'est pas le primum movens de l'augmentation pressionnelle, il pourrait intervenir conjointement, augmentant d'autant plus la résistance à l'écoulement.

## **2. La pression intraoculaire normale :**

Les valeurs normales de la PIO ont été établies à partir de la distribution des pressions dans la population. La PIO normale a donc été définie comme la moyenne +/- deux écarts-types soit  $15,2 \pm 3,25$  mmHg<sup>(8)</sup>.

La PIO se mesure en clinique à l'aide de tonomètres à aplanation (Goldmann) ou de tonomètres non-contact (l'aplanissement est obtenu par un jet d'air comprimé et le moment de l'aplanissement est évalué par la réflexion maximale d'un rayon lumineux incident à 45°).

Il existe un grand nombre de facteurs de variation de la PIO normale:

- Variations innées :
  - Race: les mélanodermes ont une PIO moyenne et une prévalence du glaucome primitif à angle ouvert supérieure à celle de la population caucasienne.
  - Hérité: la biologie moléculaire a apporté la preuve du rôle de l'hérité dans le glaucome<sup>(9)</sup>. Cette possibilité de dépistage est désormais accessible pour les glaucomes primitifs à angle ouvert liés au gène GLC1A/TIGR/MYOC. Toutefois, sa large diffusion n'est pas encore à l'ordre du jour. La part des glaucomes chroniques accessibles à une analyse génétique moléculaire devrait croître dans les prochaines années.

- Facteurs oculo-orbitaires :
  - Réfraction: la PIO est classiquement plus élevée chez le myope.
  - Clignement palpébral: il induit une élévation immédiate de la PIO de 1 à 2 mmHg avec retour à la valeur de départ dès la fin du mouvement.
  - Mouvements oculaires maximum.
- Facteurs hémodynamiques:
  - Pulsations cardiaques: la PIO augmente de 1 à 2 mmHg lors de la systole.
  - Pression veineuse centrale: la manœuvre de Valsalva provoque une élévation de la PIO.
  - Variations nycthémérales de la PIO:

La pression intraoculaire est classiquement la plus élevée le matin au réveil vers 7 heures, et décroît au cours de la journée pour atteindre un minimum vers 17 heures. Habituellement, les variations inter-individuelles sont faibles, inférieures à 5 mmHg, mais peuvent atteindre des niveaux importants, de l'ordre de 15 mmHg.

Il est habituellement reconnu que les patients glaucomateux pourraient avoir des variations plus importantes que les autres.

# LES GLAUCOMES

## **I. DEFINITION :**

Le terme glaucome regroupe un ensemble de maladies qui ont en commun une neuropathie optique caractérisée par une excavation et une altération des éléments tissulaires conjonctifs et nerveux du disque optique ainsi que par le développement final de déficits caractéristiques du champ visuel. Bien que l'élévation de la pression intraoculaire soit un des premiers facteurs de risque, sa présence ou son absence n'a pas de rôle dans la définition de la maladie.

## **II. CLASSIFICATION :**

Il existe de nombreuses classifications possibles, séparées, des glaucomes : anatomique, gonioscopique, biochimique, moléculaire et génétique, chacune ayant son intérêt.

Traditionnellement, les glaucomes ont été classifiés en angle ouvert ou en angle fermé et en tant que glaucome primaire ou secondaire. La différenciation du glaucome à angle ouvert de celle du glaucome à angle fermé est essentielle pour une thérapeutique adaptée.

Les glaucomes à angle ouvert sont classés comme primitifs quand il n'existe pas de cause anatomique identifiable sous-jacente conduisant à une obstruction de l'évacuation de l'humeur aqueuse et une élévation de la pression intraoculaire ; ils ont été classés comme secondaires lorsqu'une anomalie est identifiée et qu'un rôle pathogénique putatif peut être attribué à cette anomalie.

**Tableau 1 : Classification des glaucomes (10)****Glaucome à angle ouvert**

Glaucome primitif à angle ouvert	Non associé à des affections oculaires systémiques à l'origine d'une augmentation de la résistance de l'évacuation de l'humeur aqueuse ou de lésions du nerf optique ; habituellement associé à une PIO élevée.
Glaucome à pression normale	Considééré en continuité avec le GPAO ; terminologie souvent utilisée lorsque la PIO n'est pas élevée.
Glaucome juvénile à angle ouvert	Glaucome à angle ouvert diagnostiqué chez le sujet jeune.
Suspicion de glaucome	Disque optique et champ visuel normaux associés à une PIO élevée. Disque optique et/ou champ visuel suspects avec une PIO normale.
Glaucome secondaire à angle ouvert	Augmentation de la résistance à l'écoulement au niveau du réseau trabéculaire associée à d'autres éléments (glaucome pigmentaire, glaucome phacolytique..) Augmentation de la résistance à l'écoulement post-trabéculaire secondaire à une augmentation de la pression veineuse épisclérale.

**Glaucome à angle fermé**

Glaucome primitif à angle fermé avec bloc pupillaire relatif	Circulation limitée de l'humeur aqueuse depuis la chambre postérieure vers la chambre antérieure ; périphérie irienne en contact avec le réseau trabéculaire.
Angle fermé aigu	Survient quand le PIO augmente rapidement, suite à un blocage relativement brutal du réseau trabéculaire.
Angle fermé subaigu	Episodes bref, répétés, de fermeture de l'angle avec peu de symptômes et une PIO élevée, souvent prélude à une fermeture aigue de l'angle.
Angle fermé chronique	Elévation de la PIO liée à des variations de l'angle irido-cornéen, fermé de façon permanente par des synéchies périphériques antérieures.
Glaucome à angle fermé secondaire avec bloc pupillaire	Par exemple : intumescence cristallinienne, seclusion pupillaire
Glaucome à angle fermé secondaire sans bloc pupillaire	Mécanisme de poussée antérieure : avec déplacement antérieure du diaphragme iridolenticulaire. Mécanisme de traction antérieure : phénomène d'attraction de l'iris vers l'avant et réalisation de synéchie antérieure périphérique.
Syndrome d'iris-plateau	Variation anatomique de la racine de l'iris avec rétrécissement de l'angle survenant de façon indépendante à un bloc pupillaire.

**Glaucome de l'enfance**

Glaucome congénital primitif	Glaucome primitif de la naissance jusqu'aux premières années de la vie.
Glaucome associé à des anomalies congénitales	Associés à des troubles oculaires.
Glaucome secondaire de l'enfance	Associé à des troubles systémiques.

### III. EPIDEMIOLOGIE (11):

D'après Quigley<sup>(12)</sup> la répartition mondiale du glaucome à angle ouvert est identique à celle du glaucome par fermeture de l'angle, avec environ 33 millions de patients atteints pour chacun.

La répartition est différente selon les ethnies. Pour les caucasiens, la répartition est de 1 patient atteint de glaucome par fermeture de l'angle pour 11 atteints de glaucome à angle ouvert. Pour les africains, la fréquence des glaucomes par fermeture de l'angle est d'environ 1 pour 150 glaucomes.

La proportion des glaucomes secondaires (traumatisme, inflammation, corticothérapie) serait de 20 %<sup>(12)</sup>. Parmi les 66 millions de patients atteints de glaucome près de 10 % auraient une cécité bilatérale<sup>(12)</sup>.

### IV. DEPISTAGE :

Le glaucome est une maladie idéale pour le dépistage : maladie chronique lentement évolutive (hormis le glaucome aigu par fermeture de l'angle), le plus souvent asymptomatique dans sa phase initiale.

Du fait des caractéristiques du glaucome, on différencie 3 types de tests de dépistage : mesure de la pression intraoculaire, exploration de la fonction visuelle, examen de la papille et/ou de la couche des fibres visuelles. La tonométrie en dépistage est le test diagnostique le plus utilisé ayant une bonne spécificité.

## **V. ETUDE CLINIQUE :**

### **A. Facteurs de risque :**

Parmi les principaux facteurs de risque de la survenue du glaucome figurent l'hypertonie intra-oculaire, les antécédents familiaux de glaucome, l'âge élevé, l'appartenance à une ethnie africaine, la pseudo-exfoliation capsulaire<sup>(13)</sup>. Parmi les facteurs pronostiques figurent l'existence d'un anneau neuro-rétinien très aminci, des atteintes évolutives du champ visuel malgré un contrôle pressionnel apparent.

L'hémorragie péri-papillaire est davantage un facteur pronostique qu'un facteur de risque, puisqu'elle s'associe dans près de 2/3 des cas à une perte axonale focale puis à une perte campimétrique<sup>(14)</sup>.

### **B. Circonstances de découverte :**

Les circonstances de découverte sont variées:

- Soit lors d'un examen systématique ou un dépistage de masse.
- Soit à l'occasion de signes fonctionnels notamment la baisse de l'acuité visuelle, la douleur oculaire, les halos colorés, les céphalées ou dans les glaucomes congénitaux devant Le larmoiement, la mégalocornée et la buphtalmie..

L'examen ophtalmologique doit être bilatéral, comparatif et symétrique.

### **C. Acuité visuelle et réfraction :**

La correction de toute anomalie réfractive est essentielle afin de réaliser une périmétrie de qualité avec la plupart des périmètres. Les yeux hypermétropes présentent un risque augmenté de glaucome par fermeture de l'angle et ont généralement de petits disques optiques. La myopie est associée à des disques optiques dont la morphologie peut être confondue avec le glaucome. L'existence d'un risque accru de glaucome à angle ouvert pour les yeux myopes reste sujette à controverse.

## **D. Examen des annexes :**

L'évaluation des annexes externes du globe oculaire est importante pour déterminer la présence de certaines affections associées au glaucome secondaire, ainsi que pour évaluer les manifestations oculaires externes des traitements glaucomateux.

### **1. Analyse du segment antérieur :**

#### **1.1. La cornée :**

Une cornée de grand diamètre associée à des ruptures de la membrane de Descemet est généralement observée chez les patients qui présentent un glaucome au cours de leur croissance. Certaines anomalies endothéliales peuvent être des marqueurs importants de la présence d'un glaucome secondaire associé sous-jacent notamment le dépôt de matériel exfoliatif dans le syndrome exfoliatif, les précipités cornéens dans le glaucome uvéitique ou encore l'aspect de guttata dans la dystrophie de Fuchs.

L'épaisseur centrale de la cornée de tous les patients suspects de glaucome doit être mesurée par une pachymétrie cornéenne en raison de l'effet de l'ECC sur la précision de la tonométrie par aplanation et de ses possibles implications en tant que facteur de risque dans certains types de glaucome.

#### **1.2. La chambre antérieure :**

Dans l'évaluation du glaucome à angle étroit, la comparaison de la profondeur des chambres antérieures entre les deux yeux est très importante. La présence de cellules inflammatoires, de globules rouges, de cellules fantômes, de fibrine, de vitré ou d'autres éléments doit être relevée.

### **1.3. La pupille:**

L'évaluation d'un déficit du réflexe pupillaire afférent peut détecter une lésion asymétrique du nerf optique, signe courant et important dans le glaucome. Des anomalies pupillaires (correctopie, ectropion uvéal...) peuvent également être observées dans certaines formes de glaucome à angle ouvert secondaire et de glaucome à angle fermé.

### **1.4. Le cristallin:**

La présence d'un phacodonésis, d'une pseudoexfoliation capsulaire, d'une luxation doit être notée, ainsi que la taille, la forme et la transparence du cristallin. L'étude de la transparence du cristallin est primordiale dans la décision d'une chirurgie combinée.

### **2. Mesure clinique de la pression intraoculaire:**

Il existe plusieurs types de tonomètres, deux sont les plus utilisés :

#### **Le tonomètre à aplanation de Goldmann :**

Un cône projetant deux mires représentant deux demi-cercles permet à l'examineur de déterminer avec précision la surface aplanie.

La PIO est obtenue lorsque les deux demi-cercles identiques se touchent par leurs parties internes.

Des sources d'erreur sont possibles avec le tonomètre (paupières serrées, concentration trop forte ou inadéquate de la fluorescéine, arrêt de la respiration, pression sur le globe, port de cravate, œdème de corné...)

**Tonomètres à air pulsé:** sans contact, la PIO est fréquemment surestimée par cette méthode. Ces tonomètres sont surtout utilisés pour le dépistage du glaucome.

### **3. Gonioscopie :**

La gonioscopie, technique d'examen utilisée pour visualiser les structures de l'angle iridocornéen, est un élément diagnostique essentiel.

### **3.1. Gonioscopie directe :**

Les principales lentilles de gonioscopie directe sont : le verre de Koeppé, le verre de Layden et le verre de Worst. Le rayon lumineux passe directement à travers la cornée afin de visualiser l'angle.

La gonioscopie directe est le plus souvent utilisée lors d'un examen sous anesthésie.

### **3.2. Gonioscopie indirecte :**

Les principales lentilles utilisées sont les verres de Goldmann (de un à trois miroirs), de Posner, Zeiss, Sussman (verre à quatre miroirs).

Les avantages du verre à quatre miroirs sont la visibilité de l'angle avec un minimum de rotation du verre et surtout la possibilité de réaliser une gonioscopie dynamique

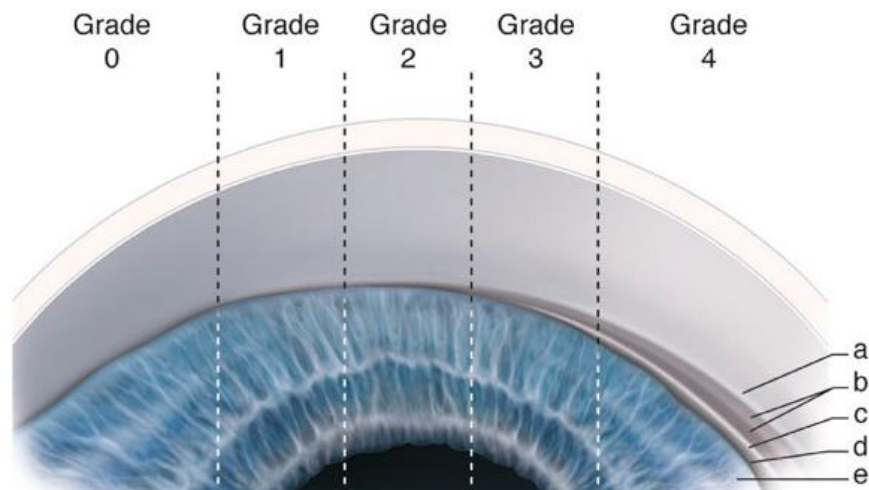
### **3.3. Evaluation gonioscopique : (Figure 6)**

L'examen gonioscopique commence toujours par l'angle supérieur qui est le plus étroit, et se poursuit dans le sens des aiguilles d'une montre quadrant par quadrant.

Les repères anatomiques gonioscopiques de l'angle sont, d'avant en arrière: l'anneau de Schwalbe, le trabéculum, l'éperon scléral, la bande ciliaire et la racine de l'iris.

La meilleure méthode pour décrire l'angle est d'utiliser un système de classification standardisé.

Les classifications gonioscopiques les plus utilisées sont celles de Shaffer et de Spaeth.



**Figure 6 : aspect gonioscopique. Classification de shaffer<sup>(15)</sup>**

a. Anneau de Schwalbe. b. Trabéculum pigmenté et non pigmenté. c. Éperon scléral. d. Bande ciliaire. e. Base de l'iris.

0 : angle fermé. Aucune structure n'est visible, y compris l'anneau de Schwalbe caché par l'iris qui est en contact avec la cornée.

1 : angle fermé, anneau de Schwalbe visible. On devine la partie antérieure non fonctionnelle du trabéculum (degré d'ouverture de l'angle iridocornéen d'environ 10°).

2 : angle ouvert, tiers postérieur fonctionnel du trabéculum visible, éperon scléral non visible. Fermeture possible (degré d'ouverture de l'angle iridocornéen d'environ 20°).

3 : éperon scléral visible. Fermeture de l'angle iridocornéen impossible (degré d'ouverture de l'angle iridocornéen de 20 à 30°).

4 : toutes les structures sont visibles jusqu'à la bande ciliaire. Fermeture impossible (degré d'ouverture de l'angle iridocornéen de 30 à 45°).

#### 4. Evaluation clinique de la tête du nerf optique:

La tête du nerf optique ou disque optique est habituellement de forme ronde ou ovale et présente une excavation centrale. Le tissu situé entre l'excavation et le bord du disque est appelé anneau neurorétinien. La taille de l'excavation physiologique est déterminée à la naissance et en rapport avec la taille du disque.

Le disque optique peut être examiné cliniquement avec un ophtalmoscope direct, un ophtalmoscope indirect, ou au biomicroscope à la lampe à fente à l'aide d'une lentille d'examen du pôle postérieur.

La constitution et la progression d'une excavation pathologique de la papille, traduit la perte des fibres nerveuses rétiniennes. Elle se fait, naturellement, dans le sens de l'amincissement de l'anneau neurorétinien et l'augmentation du rapport cup/disc. Elle s'accompagne inconstamment d'hémorragies papillaires et d'une atrophie péripapillaire progressive.

**Tableau 2 : Signes ophtalmoscopiques du glaucome<sup>(10)</sup>**

##### Les signes ophtalmoscopiques du glaucome:

Généralisé	Focal	Moins spécifiques
<b>Grande excavation optique</b>	Rétrécissement (encoche) de l'anneau	Larme criblée visible
<b>Asymétrie des excavations</b>	Allongement vertical de l'excavation	Déplacement nasal des vaisseaux
<b>Elargissement progressif de l'excavation</b>	Excavation jusqu'au bord de l'anneau	Exclusion du vaisseau circumlinéaire
	Pâleur locale	Croissant péripapillaire.
	Hémorragie en flammèche	
	Perte de la couche des fibres nerveuses	

## **5. Explorations paracliniques:**

### **5.1. Le champ visuel:**

La périmétrie correspond à l'évaluation clinique du champ visuel. Elle a deux grands buts dans la prise en charge du glaucome : L'identification des déficits anormaux et l'évaluation quantitative des zones normales ou anormales pour orienter un suivi soigneux.

#### **5.1.1. Aspects des pertes nerveuses glaucomateuses :**

Le déficit de référence du glaucome est un déficit des faisceaux de fibres nerveuses secondaire aux lésions de la tête du nerf optique.

Les déficits du champ visuel glaucomateux comprennent :

Une dépression généralisée; Un scotome paracentral; un scotome arciforme ou de Bjerrum; une marche nasale; un déficit altitudinal; une encoche temporale.

#### **5.1.2. Corrélation avec le disque optique :**

Il est important de corréliser les modifications du champ visuel avec celles du disque optique. Si cela n'est pas réalisé, il faut considérer d'autres causes pour la perte visuelle, comme une neuropathie optique ischémique, une affection neurologique démyélinisante ou autre, une tumeur hypophysaire, et ainsi de suite.

Cette conduite à tenir est particulièrement importante dans les situations suivantes :

- Le disque optique du patient semble beaucoup moins excavé que ne le laisseraient supposer les déficits du champ visuel.
- La pâleur du disque est plus impressionnante que l'excavation.
- La progression des pertes du champ visuel semble excessive.
- L'aspect des pertes du champ visuel n'est pas caractéristique de glaucome.
- La localisation de l'excavation ne correspond pas à la localisation des déficits du champ visuel.

## **5.2. Tomographie en coherence optique papillaire et maculaire :**

### **5.2.1. Etude de l'épaisseur des fibres nerveuses péripapillaires (RNFL):**

Il est indispensable pour l'analyse du nerf optique, permettant la détection de fins déficits arciformes périphériques, signes de glaucome. L'examen est particulièrement intéressant dans le cadre du dépistage et plus particulièrement au stade préperimétrique.

Les faisceaux temporaux supérieur et inférieur sont les premiers touchés (avant les faisceaux latéraux et centraux), entraînant une excavation prédominant en vertical au fond d'œil et un déficit arciforme du champ visuel en temporal inférieur et supérieur.

### **5.2.2. L'étude de la papille :**

Le logiciel de l'OCT est particulièrement pauvre, sans données de référence et sans analyse d'évolution. Les données papillaires actuelles de l'OCT sont moins précises et surtout peu exploitables.

### **5.2.3. OCT maculaire dans le suivi du glaucome :**

Les coupes maculaire permettent une étude maculaire du glaucome. Tant que le profil maculaire est respecté, l'atteinte glaucomateuse est limitée. Les atteintes glaucomateuses de l'aire maculaire sont variées : elles peuvent être sectorielles ou diffuses, accompagnant ou pas des atteintes plus périphériques. L'altération de la couche des cellules ganglionnaires rétiniennes (CGR) au pôle postérieur par OCT précède l'atteinte fonctionnelle du glaucome sur le champ visuel.

L'apport décisif de l'OCT ganglionnaire est de montrer précocement l'atteinte structurale maculaire, avant l'atteinte fonctionnelle irréversible.

## **6. Traitement :**

Le choix d'un traitement approprié du glaucome résulte d'une décision double : Quand traiter ? Comment traiter ?

Une évaluation précise des bénéfices et des risques potentiels de chaque traitement doit toujours être effectuée au préalable.

L'objectif des traitements actuellement disponibles est de préserver la fonction visuelle en réduisant la PIO en dessous du niveau susceptible de provoquer une progression du glaucome.

Le schéma thérapeutique permettant d'atteindre cet objectif avec le minimum de risques, le moins d'effets indésirables, le moins de gêne quotidienne pour le patient, en prenant en compte le cout du traitement, doit être choisi de préférence.

L'intervalle de PIO cible doit être régulièrement réévalué et ajusté en fonction des fluctuations de la PIO, des modifications du nerf optique et/ou de la progression des altérations du champ visuel.

## **7. Moyens thérapeutiques :**

### **7.1. Traitement medical :**

Les diverses substances thérapeutiques oculaires hypotonisantes sont classées en plusieurs groupes en fonction de leur structure chimique et de leur action pharmacologique :

#### **7.1.1. Analogues des prostaglandines :**

<b>Molécules</b>	Trois analogues disponibles : latanoprost ; travoprost et bimatoprost.
<b>Mode d'action</b>	Augmentation de l'élimination de l'humeur aqueuse.
<b>Posologie</b>	A raison d'une instillation par jour, généralement le soir.
<b>Effets secondaires</b>	Pigmentation de l'iris et de la peau périoculaire, hyperhémie conjonctivale, aggravation d'une kératite herpétique...

**7.1.2. Les bêtabloquants:**

<b>Molécules</b>	Trois molécules disponibles au Maroc : bétaxolol, cartéolol, timolol et cartéolol LP.
<b>Mode d'action</b>	Réduction de la sécrétion de l'humeur aqueuse, avec une réduction correspondante de la PIO de 20 à 30 %.
<b>Posologie</b>	Administration biquotidienne. Forme LP: une administration quotidienne est possible.
<b>Effets secondaires</b>	Bronchospasme, Bradycardie, Hypotension artérielle, Anesthésie cornéenne, Kératite ponctuée superficielle..

**7.1.3. Inhibiteurs de l'anhydrase carbonique :**

<b>Molécules</b>	Voie locale : Dorzolamide, Brinzolamide Voie orale : Acétazolamide. Voie systémique pour les contextes aigus : (GAFA)
<b>Mode d'action</b>	Diminution de la production de l'humeur aqueuse d'une part grâce à une action antagoniste directe sur l'enzyme anhydrase carbonique de l'épithélium ciliaire, et d'autre part, par la constitution d'une acidose métabolique.
<b>Posologie</b>	Voie locale : trois instillations par jour. L'acétazolamide doit être instauré à une dose de 62,5mg toutes les 6 heures, et augmenté en fonction de la tolérance
<b>Effets secondaires</b>	Bronchospasme, Bradycardie, Hypotension artérielle, Anesthésie cornéenne, Kératite ponctuée superficielle..

**7.1.4. Agonistes adrénérgiques :**

<b>Molécules</b>	Non sélectifs : Adrénaline (ou épinephrine) et dipivalyl-épinephrine
<b>Mode d'action</b>	Augmentation de l'élimination de l'humeur aqueuse par les voies trabéculaire et uvéosclérale et diminution de sa production.
<b>Posologie</b>	A raison de deux à trois instillations par jours.
<b>Effets secondaires</b>	Conjonctivites folliculaires, myosis, blépharites, dermatites de contact, hypotension artérielle..

**7.1.5. Les agents parasymphomimétiques:**

<b>Molécules</b>	Parasymphomimétiques myotiques : Pilocarpine Sympathomimétiques agonistes sélectifs alpha-2 : Apraclonidine, Brimonidine.
<b>Mode d'action</b>	Les agents d'action directe et indirecte réduisent la PIO en entraînant la contraction des fibres longitudinales du muscle ciliaire, ce qui exerce une traction de l'éperon scléral pour ouvrir les mailles trabéculaires, et augmenter ainsi l'élimination d'humeur aqueuse. Ces agents peuvent réduire la PIO de 15 à 25 %.
<b>Posologie</b>	A raison de deux à quatre fois par jours.
<b>Effets secondaires</b>	Myopie, synéchies postérieures, kératite, myosis gênant, décollement de rétine, progression d'une cataracte, céphalées frontales..

**7.1.6. Traitements médicamenteux combinés :**

<b>Molécules</b>	Plusieurs combinaisons fixes sont disponibles sur le marché : timolol/dorzolamide, timolol/latanoprost, travoprost/timolol.
<b>Intérêt</b>	Les traitements combinés et associés dans un seul flacon sont susceptibles d'améliorer l'efficacité, la commodité d'utilisation et l'observance, aussi bien de réduire le coût du traitement.
<b>Effets secondaires</b>	Les effets indésirables oculaires sont les mêmes que pour chaque molécule prise individuellement.

**7.1.7. Agents hyperosmotiques :**

<b>Molécules</b>	Voie intraveineuse : Mannitol Voie oral : Agents glycélinés
<b>Mode d'action</b>	Les agents osmotiques réduisent la PIO en augmentant l'osmolarité plasmatique, ce qui crée un gradient osmotique entre le sang et le vitré ; absorbant l'eau de la cavité vitréenne et réduisant ainsi la PIO.  → Utiles pour contrôler les épisodes d'élévation aiguës et brutales de la PIO.
<b>Posologie</b>	Mannitol : 1 à 1,5 g/kg intraveineux Glycérol : 1 à 1,5 g/kg per os Rarement administrés pour une période supérieure à quelques heures, en raison de leurs effets transitoires.
<b>Effets secondaires</b>	Céphalées, syndrome confusionnel, douleurs dorsales, infarctus du myocarde et insuffisance cardiaque.

## **7.2. Traitement chirurgical :**

Le traitement chirurgical du glaucome est généralement entrepris lorsque le traitement médical est non approprié, non toléré, non efficace ou mal utilisé par le patient, et que le glaucome reste insuffisamment contrôlé avec soit une progression documentée des lésions, soit un risque élevé d'apparition de nouvelles lésions.

La chirurgie est habituellement le traitement de première intention des glaucomes congénitaux et des glaucomes par blocage pupillaire.

### **7.2.1. Chirurgie du glaucome a angle ouvert :**

#### **7.2.1.1. Chirurgie filtrante:**

Il s'agit de la trabéculéctomie et de la sclérectomie profonde non perforante qui sont les chirurgies filtrantes de référence du glaucome à angle ouvert indiquées lorsque la pression intraoculaire ne peut plus être maintenue à un niveau suffisamment bas, par des traitements non chirurgicaux, pour prévenir de nouvelles lésions sur le nerf optique ou du champ visuel..

L'évacuation de l'humeur aqueuse hors de la chambre antérieure se fait sous couvert d'un volet scléral de protection vers les espaces sous-conjonctivaux, soit en réséquant une portion du filtre trabéculaire sur toute son épaisseur soit en ôtant sélectivement le trabéculum externe en cas de sclérectomie profonde non perforante.

#### **7.2.1.2. Chirurgie combinée:**

La chirurgie de la cataracte est généralement combinée avec la chirurgie filtrante du glaucome lorsqu'il existe une cataracte chirurgicale chez un patient glaucomateux qui :

- Présente une excavation papillaire avancée et des déficits du champ visuel ;
- Nécessite un traitement médical pour contrôler sa pression intraoculaire mais qui tolère mal le traitement médical ;
- Nécessite plusieurs traitements médicaux pour contrôler sa PIO.

Le taux de succès de la chirurgie combinée en termes de contrôle pressionnel est diminué par rapport à la chirurgie filtrante seule mais apparaît donc comme une alternative intéressante qui évite une deuxième intervention chirurgicale et ses complications potentielles.

### **7.2.2. Chirurgie du glaucome a angle ferme :**

#### **7.2.2.1. Chirurgie filtrante:**

##### **a. Iridectomie périphérique :**

L'iridectomie chirurgicale peut être nécessaire si une iridectomie patente ne peut pas être obtenue avec le laser, notamment dans le cas où la cornée est très œdémateuse, la chambre antérieure plate et la coopération du patient insuffisante.

##### **b. Extraction de la cataracte :**

Quand le bloc pupillaire s'associe à une cataracte significative, il est légitime de considérer l'extraction du cristallin comme une technique de première intention.

##### **c. Approfondissement de la chambre et goniosynéchiolyse :**

Quand les goniosynéchies se développent dans des cas de glaucome par fermeture de l'angle, la seule iridectomie ne peut pas traiter ce glaucome correctement. L'approfondissement de la chambre antérieure par une paracentèse peut libérer des goniosynéchies formées récemment.

### **7.2.3. Glaucome congénital :**

La présence d'un glaucome chez un enfant relève de l'indication chirurgicale. La goniotomie et la trabéculotomie sont les techniques préférées dans le glaucome congénital primitif.

La goniotomie est l'incision du trabéculum uvéo-scléral sous contrôle visuel direct de l'angle. Le geste de goniotomie ne crée pas de bulle de filtration, puisque l'acte chirurgical se réalise ab interno.

La trabéculotomie a pour objectif la levée de l'obstacle pré ou intra - trabéculaire par un effondrement du trabéculum depuis le canal de Schlemm. Elle peut être convertie en trabéculectomie si nécessaire.

Lorsque ces techniques ont échoué dans un œil, le débat persiste pour savoir si la technique ultérieure doit être une trabéculectomie avec un agent antimitotique ou la pose d'un shunt. La cyclophotocoagulation est une autre procédure que l'on peut envisager dans les cas difficiles.

### **7.2.4. Nouveautés chirurgicales :**

Elles seront détaillées dans la partie « Discussion ».

## **7.3. Traitement au laser :**

### **7.3.1. Dans le glaucome à angle ouvert :**

#### **7.3.1.1. Trabéculoplastie au laser :**

La trabéculoplastie au laser est une technique où l'énergie laser est appliquée sur le trabéculum par des spots de petite taille sur seulement une hémicirconférence de trabéculum par séance (180°).

Il existe différents modèles de trabéculoplastie au laser, notamment la trabéculoplastie au laser Argon et la trabéculoplastie sélective au Laser.

### **7.3.2. Dans le glaucome à angle fermé :**

#### **7.3.2.1. Iridectomie au Laser :**

L'iridectomie est indiquée en présence d'un bloc pupillaire ou lorsque la responsabilité d'un bloc pupillaire doit être évaluée. Elle est également indiquée pour prévenir le bloc pupillaire dans un œil considéré à risque, suspecté par l'évaluation gonioscopique ou à cause d'une crise de fermeture de l'angle dans l'autre œil.

#### **7.3.2.2. Gonioplastie au Laser ou iridoplastie périphérique :**

La gonioplastie ou l'iridoplastie est une technique dont le but est d'approfondir l'angle. Elle est parfois utile pour traiter le glaucome par fermeture de l'angle en cas d'iris-plateau : Des brûlures stromales sont créées avec le laser à l'argon au niveau de la périphérie irienne pour entraîner une contraction et un aplatissement.

# LA TRABECULECTOMIE

## **I. HISTORIQUE DE LA CHIRURGIE FILTRANTE DANS LE GLAUCOME :**

L'idée d'une chirurgie filtrante, dès le moment où l'hypertonie est reconnue comme un facteur essentiel de la pathologie glaucomateuse, se révèle pour certains très tôt, mais se heurte aux difficultés techniques et septiques.

En 1830, Mackenzie évoque les ponctions intra-vitréennes pour soulager l'hypertonie oculaire.

En 1856, Von Graefe propose et impose l'iridectomie comme technique de référence.

En 1906, Elliot présente son procédé de trépanation, à cheval entre la sclère et la cornée, après avoir récliné la conjonctive. La hernie irienne, ainsi formée, était réséquée et la conjonctive réappliquée et suturée par-dessus. Les effets secondaires étaient fréquents et graves.

En 1920, Seidel démontre le passage sous conjonctival de l'humeur aqueuse.

En 1967, l'intervention initiale de Cairns<sup>(1)</sup> était de réaliser une excision localisée du canal de Schlemm et de sa couverture trabéculaire, permettant ainsi aux deux extrémités ouvertes du canal de drainer l'humeur aqueuse.

Pendant plusieurs années, de nombreux chirurgiens ont apporté des modifications à la technique initiale de Cairns<sup>(1)</sup> afin d'augmenter les chances de succès de cette chirurgie et de réduire ses complications.

## II. LA TECHNIQUE CHIRURGICALE :

### A. PREPARATION A LA CHIRURGIE :

Le patient doit être prévenu des risques inhérents à cette chirurgie (explications orales, remise de la fiche de consentement). Il doit comprendre que la préparation et le suivi sont indispensables au pronostic fonctionnel et que les suites seront chronophages. Il doit assimiler que l'intervention ne fait qu'abaisser la PIO pour limiter l'évolution du glaucome sans pouvoir le supprimer, et qu'elle ne peut en aucun cas améliorer l'acuité visuelle. La perte du point de fixation, complication dramatique et redoutée, doit être évoquée en cas de glaucome au stade terminal menaçant le point de fixation, même si cette complication reste exceptionnelle.



Figure 7: Table opératoire: Matériel chirurgical utilisé pour la trabéculéctomie. (Photo du service)

## **B. TEMPS OPERATOIRES :**

### **1. Anesthésie :**

La chirurgie du glaucome peut être réalisée sous anesthésie locorégionale ou générale. L'anesthésie locale (topique) avec sédation est aussi réalisable.

### **2. Technique opératoire :**

#### **2.1. Exposition du champ opératoire (figure 8) :**

Après aseptie cutanée à l'aide d'une solution de polyvidone iodée à 10% ; un fil de traction cornéenne ou limbique permet d'abaisser le globe oculaire offrant une excellente exposition du cul de sac supérieur et du limbe. Un fil de traction passé dans le muscle droit interne a le même effet, mais provoque plus de ptosis postopératoire ou d'hémorragie sous conjonctivale.

#### **2.2. Taille du lambeau conjonctival (figure 9) :**

Après une moucheture conjonctivale à 12 heures et à 7mm du limbe, les ciseaux à bout mous sont introduits sous la conjonctive afin de disséquer les plans sous-jacents.

On effectue une incision arciforme de 8-10mm de part et d'autre de la moucheture, sans atteindre le limbe. Le lambeau conjonctival est ensuite rabattu sur la cornée. La Tenon est ensuite incisée puis excisée (Tenonectomie). Suit alors une hémostase soigneuse après toilette complète de l'épiscière au scarificateur de Desmarres.

La désinsertion conjonctivale peut être limbique aussi en fonction des habitudes chirurgicales et des conditions anatomiques.

### **2.3. Dissection du volet scléral lamellaire (figures 10;11;12;13) :**

Une pré-incision du volet scléral à base limbique centrée sur 12 heures est effectuée à la lame. Le volet à charnière limbique est ensuite disséqué à partir d'un angle de la pré-incision sur au moins la moitié ou les 2/3 de l'épaisseur sclérale à la lame jusqu'aux lames cornéennes. Elle laisse place à un plancher scléral mince, translucide, laissant voir les structures sous-jacentes.

### **2.4. Ouverture de la chambre antérieure:**

L'ouverture de la chambre antérieure permet d'injecter du sérum physiologique et de tester pendant l'intervention l'efficacité du site de filtration. Quand une athalamie post opératoire apparaît, la paracentèse déjà créée permet de reformer la chambre antérieure. Utiliser une paracentèse existante est plus sécurisant que d'essayer d'en créer une dans un oeil avec une chambre antérieure plate.

### **2.5. Trabéculéctomie proprement dite (figure 14) :**

Elle consiste à exciser un rectangle de 3 mm de long pour 1mm de large à cheval sur la jonction cornéo-sclérale.

- Une première incision horizontale antérieure de 4 mm est effectuée dans les lames cornéennes;
- Suivie de 2 incisions latérales de 2 mm dirigées en arrière jusqu'à ce que l'extrémité du corps ciliaire soit visible ;
- Une dernière incision horizontale postérieure est effectuée aux ciseaux de Vannas, de façon à réséquer le lambeau cornéo-scléral.

On vérifie la présence du canal du Schlemm et du trabéculum (facilement reconnaissable à sa pigmentation) au niveau de la pièce de résection.

## **2.6. Iridectomie périphérique (figure 15) :**

L'iridectomie est systématique. Elle est effectuée aux ciseaux à iris saisis avec la pince de Bonn. Sa réalisation permet d'éviter un accolement de la racine de l'iris dans la trabéculéctomie. On doit s'assurer par transillumination que l'iridectomie a bien emporté l'épithélium postérieur.

## **2.7. Suture du volet scléral (figure 16) :**

Le volet scléral sera suturé par 2 points d'angle de soie 8/0 ou par 2 points au monofilament 10/0 qui dans ce cas seront enfouis.

La chambre antérieure doit être bien reformée au sérum physiologique.

## **2.8. Suture du volet conjonctival (figure 17) :**

Elle sera effectuée par des points séparés de soie 8/0 ou par un surjet.

La suture doit être étanche.

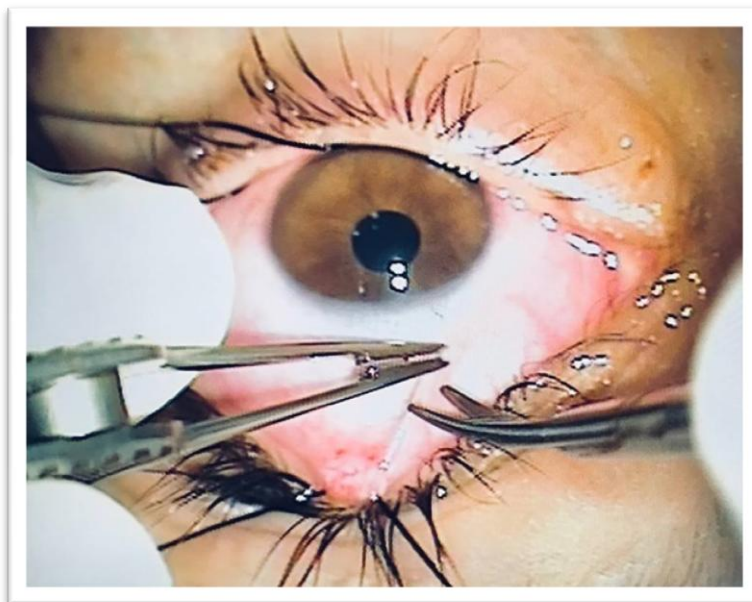
## **2.9. Fin de l'intervention (figure 18) :**

Du BSS sera injecté par la paracentèse afin de voir la formation de la bulle de filtration et de mettre en tension la suture de la conjonctive pour tester son étanchéité et éventuellement de reposer les points de suture.

L'intervention se termine par l'instillation d'une goutte d'atropine, l'injection sous conjonctivale d'un mélange antibio-corticoïde et la mise en place d'un pansement occlusif.



**Figure 8 : Exposition du champ opératoire : Mise en place des fils de traction (Photo du service).**



**Figure 9 : Ouverture conjonctivale au fornix (Photo du service).**



Figure 10;11 : Délimitation d'un volet scléral (Photo du service).

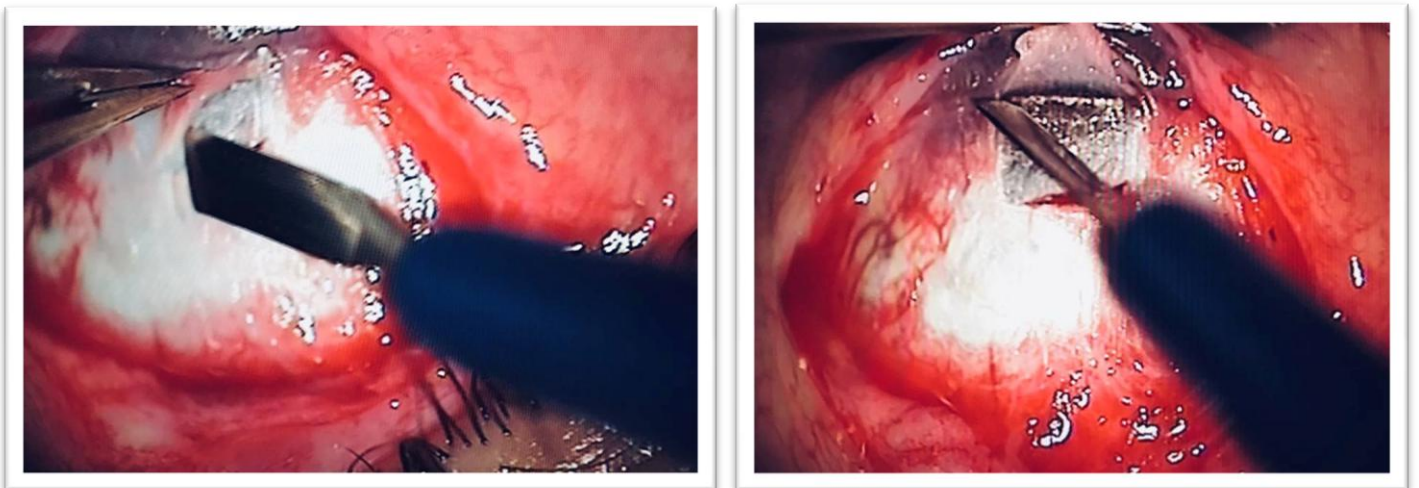


Figure 12;13 : Dissection du volet scléral de mi-épaisseur (Photo du service).

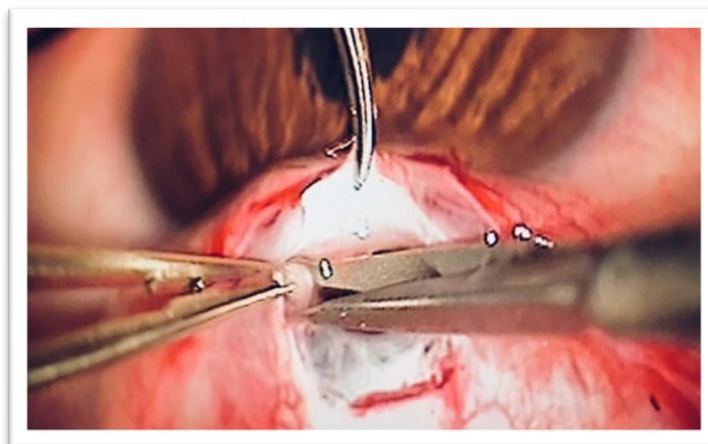
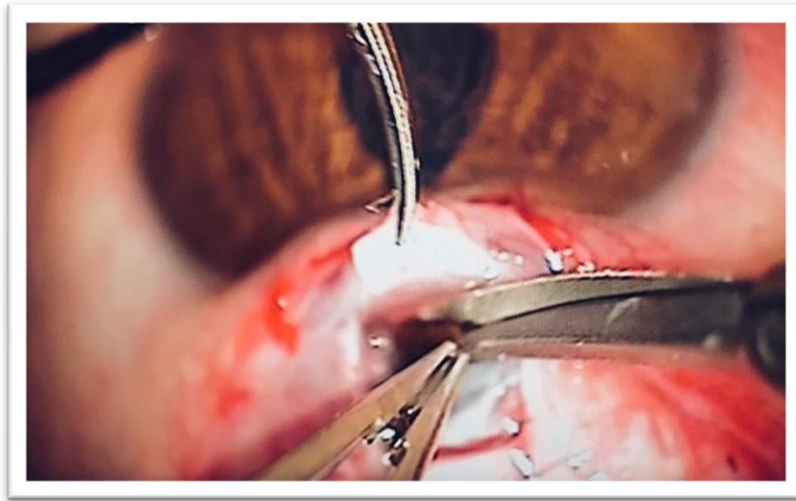


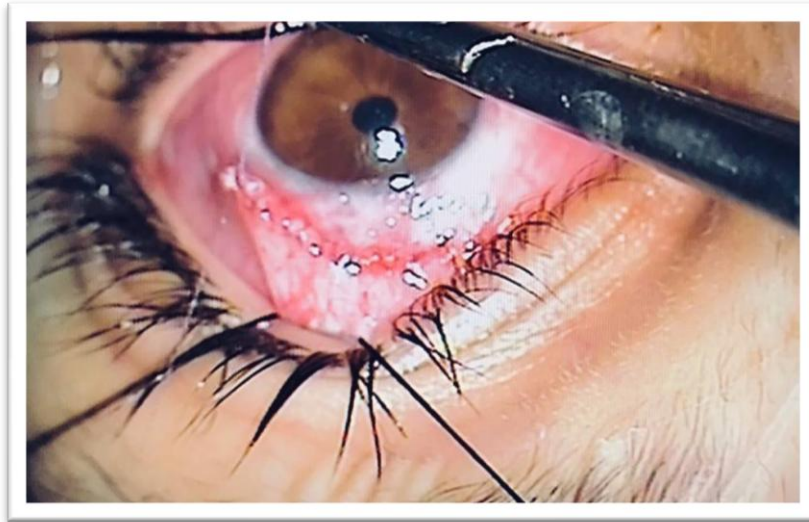
Figure 14: Résection du bloc sclérocornéen (Photo du service).



**Figure 15: Iridectomie périphérique (Photo du service).**



**Figure 16: Suture du volet scléral par deux points auto-enfouis (Photo du service).**



**Figure 17: Suture du volet conjonctival (Photo du service).**



**Figure 18;19: Vérification de l'étanchéité du volet conjonctivoténonien par injection de BSS dans la chambre antérieure qui remplit la future BDF (Photo du service).**

### **2.10. Soins post-opératoires :**

Ils sont capitaux et peuvent modifier le pronostic et le taux de succès de cette intervention. Ils consistent à l'instillation d'atropine 1%, 1 goutte 2 fois par jour pendant 2 semaines, un collyre antibio-corticoïde 4 fois par jour pendant 6 semaines, voire 4 mois.

La surveillance s'intéressera aux complications inflammatoires: il faut surveiller la profondeur de la chambre antérieure, la fuite de l'humeur aqueuse (seidel), l'aspect de la bulle de filtration, la liberté de la pupille, à un éventuel hyphéma, à l'étanchéité de la suture conjonctivale, veiller à l'évolution du tonus oculaire puis compléter par l'examen du fond d'œil et un champ visuel.

Le massage oculaire (figure 21) est une manœuvre couramment utilisée pour améliorer le succès postopératoire de la chirurgie de filtration. Elle consiste à appliquer une pression digitale favorisant le flux de l'humeur aqueuse à travers la fistule. Il n'est possible d'agir que pendant une certaine période, au-delà de laquelle le massage n'aura plus d'effet : Cette période est difficile à délimiter car certains patients demeurent sensibles aux massages plus d'un an après la chirurgie, alors que d'autres présentent une cicatrisation fibreuse si importante que les massages ne servent plus à rien au-delà de la quatrième semaine postopératoire.



Figure 20: Formation de la bulle de filtration. (Photo du service)

### Techniques de massage oculaire

La trabéculéctomie crée une fistule protégée, donc vous ne faciliterez pas la circulation en appuyant sur le pourtour de la fistule. Vous devez favoriser une ouverture postérieure en exerçant une pression sur la sclère, juste derrière le bord postérieur du volet scléral.

Il faut donc que le patient regarde le plus possible vers le bas afin que vous puissiez exercer une pression au bon endroit. Veillez à ne pas appuyer sur les sutures conjonctivales ; exercez un léger mouvement vers le bas en direction de la cornée.

Apprenez au patient à s'auto-masser avec un doigt ou deux (un de chaque main). Chaque patient aura ses préférences. Demandez au patient de s'entraîner au massage devant vous. Mesurez la PIO avant et après le massage pour montrer au patient que son auto-massage a eu de l'effet.

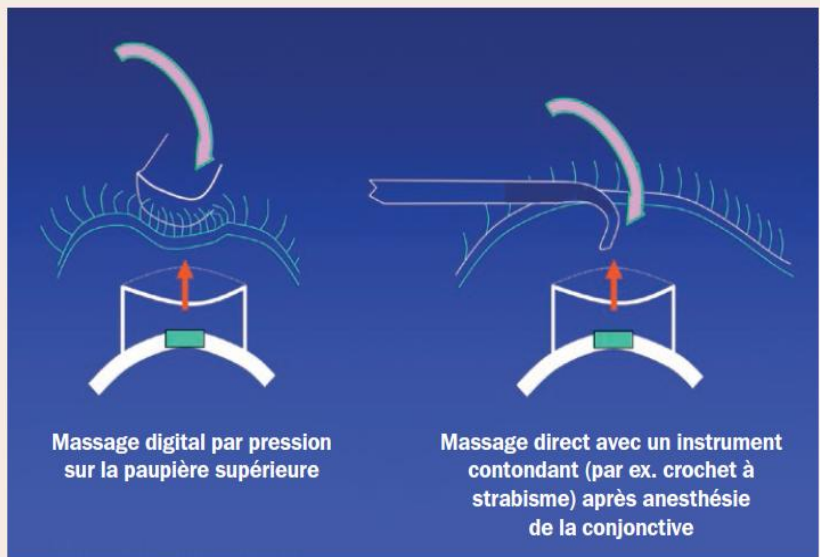


Figure 21 : Techniques de massage oculaire<sup>(16)</sup>.

## **C. Les variantes chirurgicales :**

### **1. La stratégie « Toucher le moins possible »<sup>(18)</sup> :**

L'incision est réalisée au fornix. La dissection n'est pas poursuivie au début jusqu'à l'épiscière car cette zone est souvent très hémorragique. Une fois la zone du volet cautérisée, on dégage la tenon résiduelle. On réalise un premier volet scléral de petite taille d'environ 3mm de large. La résection du bloc trabéculaire est pratiquée ensuite et mesure 1mm de large au maximum pour laisser ainsi une zone de sécurité entre le bloc trabéculaire et le volet scléral. On réalise ensuite l'iridectomie. Enfin, le volet scléral est suturé au nylon 10/0 en vérifiant l'existence d'une filtration suffisante. Des fils de nylon 10/0 peuvent être rajoutés ou ôtés pour parvenir à la filtration souhaitée. On termine par la fermeture conjonctivale à l'aide d'un vicryl 10-0. L'existence d'une filtration efficace est vérifiée en fin d'intervention.

L'attitude la plus logique consiste à réaliser la technique de « toucher le moins possible » dans le cas d'un œil sans facteur de risque d'excès de cicatrisation. Pour le cas où le risque de cicatrisation excessive est important ou dans le cas d'une deuxième intervention filtrante, on peut proposer la technique avec dissection large postérieure.

### **2. La stratégie P. Khaw<sup>(17)</sup> :**

Cette technique de conception différente a pour objectif de favoriser une filtration postérieure. On réalise pour cela une dissection conjonctivale au limbe avec un volet scléral de plus grande taille. Une infusion de la chambre antérieure est utilisée pour maintenir la pression et la rigidité du globe pendant l'intervention. Une des particularités de cette technique est de ne pas disséquer les côtés du volet scléral jusqu'au limbe mais de le faire seulement au centre du volet de manière à favoriser un flux postérieur, réduisant ainsi le risque de bulle kystique. Un punch est utilisé pour réaliser l'exérèse du bloc trabéculaire, ceci permettant d'obtenir une trappe calibrée de petite taille (0.5mm).

On réalise ensuite une iridectomie périphérique. Puis le volet scléral est suturé à l'aide de nylon 10/0. Ces sutures sont ajustées pour obtenir une filtration suffisante. On termine par la fermeture conjonctivale à l'aide d'une vicryl 10/0. L'existence d'une filtration efficace est également vérifiée en fin d'intervention.

### **3. Incision conjonctivale au limbe ou au fornix ? (18)**

Plusieurs études ont comparé ces deux types d'incision sans mettre en évidence de différences en termes d'efficacité ou de complications<sup>(19-20)</sup> mais d'autres auteurs ont retrouvé plus de bulles enkystées après incision au fornix<sup>(21)</sup>. L'incision au fornix rend l'accès plus difficile au site de trabéculéctomie et nécessite donc un aide opératoire efficace. Cette incision est très étanche et se complique rarement de bulles cornéennes. L'incision au limbe rend l'accès plus facile au volet scléral mais présente des risques d'étanchéité et parfois de bulles cornéennes.

### **4. Rapport taille de la trappe/Taille du volet(18) :**

On privilégie actuellement les trappes de petite taille avec un espace de sécurité de chaque côté. Une trappe de 1mm semble être nettement suffisante pour obtenir une filtration efficace. L'avantage de ces petites trappes est la diminution du risque d'hernie de l'iris, d'hyper-filtration et d'hypotonie post-opératoire.

Un volet scléral de petite taille (3mm) présente plusieurs avantages : une dissection moins importante avec un risque d'excès de cicatrisation plus faible et le fait de laisser la place à d'éventuelles autres chirurgies filtrantes.

La fermeture du volet scléral s'effectue toujours avec un fil de nylon 10/0, permettant de retirer éventuellement les sutures en post opératoire ou de provoquer leur rupture à l'aide du laser. La fermeture conjonctivale se fait au Vicryl 10/0 à aiguille ronde de 70 ou 100um. Cette fermeture doit être étanche sur la table, car une fuite installée a tendance à persister en post-opératoire.

### **5. Particularités du glaucome congénital :**

Chez l'enfant, la technique de trabéculéctomie est peu différente de celle de l'adulte, mais les chances de réussite sont inférieures, essentiellement du fait d'une cicatrisation sous-conjonctivale excessive. Elle est parfois un recours après l'échec d'une goniotomie ou d'une trabéculotomie, ce qui explique aussi son moindre succès.

L'anesthésie est générale, pour des raisons évidentes. La fixation du globe oculaire peut se faire par un fil passé dans le muscle droit supérieur, ou dans la cornée. Le volet conjonctival est plutôt à charnière limbique, en particulier quand l'utilisation des antimétabolites est choisie.

La dissection du volet scléral à charnière limbique doit être relativement étendue (5 X 4 mm), ce volet doit être suffisamment épais pour éviter une filtration précoce excessive.

L'ablation trabéculaire doit être assez antérieure afin d'éviter une incarceration irienne ou, plus grave, un prolapsus vitréen. De même, les sutures du volet scléral doivent être bien serrées afin d'éviter une hypotonie oculaire dans les suites opératoires. Il peut être judicieux de pré-placer les sutures sclérales pour limiter l'hypotonie per-opératoire. Les sutures ajustables sont rarement utilisées chez l'enfant du fait du manque de coopération après une chirurgie. Une paracentèse peut être réalisée afin de vérifier la perméabilité per-opératoire de la voie de drainage ou de reformer la chambre antérieure.

Chez l'enfant, la cicatrisation conjonctivale est plus intense, aboutissant plus rapidement à un tissu de granulation riche en collagène et imperméable. Plus l'enfant est jeune, plus le risque de cicatrisation est élevé ; l'utilisation des antimétabolites y trouve alors tout son intérêt.

## **6. Utilisation des antimétabolites :**

La principale cause d'échec de la trabéculéctomie est la formation d'une fibrose sous-conjonctivale circonscrivant la bulle de filtration, bloquant ainsi l'évacuation de l'humeur aqueuse. C'est la prolifération fibroblastique, processus cicatriciel physiologique, qui est en cause. Cette prolifération survient dès le deuxième jour postopératoire, est maximale entre le troisième et le sixième jour, et disparaît vers le douzième jour. Ce processus cellulaire peut être limité par l'utilisation d'antimétabolites.

Les antimétabolites les plus utilisés en ophtalmologie, notamment lors de chirurgie filtrante sont le 5-fluoro-uracile (5FU) et la mitomycine C. Ces deux agents apparaissent aujourd'hui comme ayant le meilleur compromis risque/ efficacité pour les interventions fistulisantes.

### **6.1. Le 5-fluoro-uracile (5FU) :**

C'est un antimétabolite (antipyrimidine) qui agit en phase S du cycle cellulaire, empêchant ainsi la synthèse d'ADN des cellules bloquées à cette phase.

Le 5FU a été le premier antimétabolite utilisé en ophtalmologie, depuis plus de 10 ans, le 5FU est utilisé dans la chirurgie du glaucome en injections postopératoires sous conjonctivales avec des doses variant en fonction de l'évolution clinique : Des quantités de 5 à 10mg diluées dans des solutions de 0.1 à 0.5 ml peuvent être injectées à 180° du volet scléral.

L'utilisation peropératoire de 5FU est plus récente, en application locale sur le site du volet scléral à la concentration de 50 mg/ml pendant 5 minutes, suivi d'un rinçage au sérum.

Les complications cornéennes épithéliales sont le plus souvent bénignes et peu durables, liées à la dose cumulée. L'application peropératoire seule de 5FU avec rinçage abondant, ne semble pas provoquer de toxicité épithéliale<sup>(22)</sup>. Le risque de fuite d'humeur aqueuse par la cicatrice est majoré par l'utilisation de 5FU et doit faire préférer l'ouverture au fornix. Ces fuites peuvent survenir de façon plus tardive, ce qui impose une surveillance étroite et prolongée.

L'emploi du 5FU dans la trabéculéctomie est variable selon les auteurs. Systématique pour certains, elle est réservée pour d'autres aux situations à risque d'échec.

### **6.2. La mitomycine C :**

La mitomycine C est un cytostatique de la famille des antibiotiques. Il a un effet alkylant et une action beaucoup plus marquée en phase G1 et en phase S du cycle de réplication cellulaire. Il inhibe donc la réplication dans sa globalité et son action est mixte, à la fois sur les fibroblastes et les cellules endothéliales.

La mitomycine C est utilisée, le plus couramment, en peropératoire, en application locale à la concentration de 0,2 à 0,4 mg/ml, par une éponge appliquée sur la sclère pendant une durée variable de 1 à 5 minutes. Un rinçage abondant au sérum est ensuite réalisé afin de diminuer l'imprégnation tissulaire.

Il semble que les complications rencontrées soient dose-dépendantes. En dehors des complications classiques de la trabéculéctomie qui se trouvent majorées, c'est surtout l'hypotonie persistante qui est la complication la plus redoutable. L'utilisation de la mitomycine C est donc réservée aux glaucomes à haut risque d'échec chirurgical.

### **6.3. Les indications <sup>(23)</sup> :**

Les recommandations actuelles concernant la chirurgie filtrante font état de l'abstention de l'utilisation des agents régulateurs de la cicatrisation de type antimitotiques en l'absence de facteurs de risque d'échec chirurgical reconnus, mais il n'existe aucun protocole défini et admis de tous.

Ces facteurs d'échec reconnus sont: Age inférieur à 40 ans ; Patients pseudophakes ou aphakes ; Sujets mélanodermes ; Antécédents de chirurgie filtrante avec échec ; trabéculorétraction laser datant de moins de trois mois ; Pour certains, traitement local prolongé avec association de plusieurs collyres notamment avec conservateurs ; Glaucome congénital ; Glaucome juvénile.

### III. LES INDICATIONS DE LA TRABECULECTOMIE :

L'abaissement de la PIO initiale doit être d'autant plus important que le glaucome est évolué :

- de 20% (ou PIO < 18mmHg), si le glaucome est débutant,
- de 30% (ou PIO < 15mmHg), si le glaucome est modéré ;
- de 40% (ou PIO < 12mmHg), si le glaucome est évolué.

En théorie, si la chirurgie est le moyen le plus efficace d'abaisser la PIO, elle n'est pas indemne de complications, et la reprise d'un traitement médical d'appoint est toujours possible, ce qui explique que la chirurgie reste classiquement indiquée de seconde intention :

- Lorsque les traitements par Laser et/ou médicaux sont insuffisants, mal tolérés (au plan local ou général) ou mal suivis ;
- Lorsque le glaucome évolue et nécessite un abaissement tensionnel supplémentaire.
- La chirurgie est en revanche indiquée d'emblée dans les cas suivants :
  - Contre-indication au traitement médical;
  - Malobservance thérapeutique ;
  - Glaucome congénital ;
  - Glaucome juvénile;
  - Glaucome évolué, hypertensif ou avec des fluctuations pressionnelles, comme le glaucome exfoliatif;
  - Glaucome évoluant rapidement.

En pratique, la décision chirurgicale est prise plus volontiers :

- Chez les sujets jeunes :
  - Si les risques de cécité par glaucome sont élevés (ATCD familiaux de glaucome grave)
  - Si coexistence des pathologies oculaires (cornéennes, cristalliniennes, ou rétinovitréenne) qui nécessitent une chirurgie risquant d'entraîner une élévation secondaire de la PIO ;
  - En cas de désir de grossesse.

Une chirurgie est réussie si la PIO cible est atteinte, avec ou sans traitement médical d'appoint, et en l'absence de complications menaçant le pronostic visuel.

Il faut garder à l'esprit qu'une chirurgie de glaucome, quelle qu'elle soit, a d'autant plus de chances de succès que les tissus oculaires sont peu inflammatoires et/ou remaniés, et que le glaucome n'est pas trop évolué. Il faut se rappeler que les traitements anti-glaucomeux conservés avec du chlorure de Benzalkonium (BAK) entraînent une inflammation chronique de la surface oculaire lorsqu'ils sont utilisés au long cours et qu'ils sont associés entre eux puisque la toxicité du BAK est temps et dose dépendants, cette inflammation compromettant le pronostic de la trabéculéctomie.

## **IV. LES COMPLICATIONS :**

### **A. Les complications peropératoires <sup>(24)</sup> :**

Ce ne sont pas des complications mais plutôt des incidents liés directement à la difficulté technique du geste chirurgical.

En fonction du temps opératoire :

#### **1. Suture de traction:**

En fonction du site de la traction, un hématome dans le muscle droit supérieur ou une perforation cornéenne peuvent se voir.

Le CIGTS<sup>(2)</sup> a rapporté un cas de section partielle du tendon du muscle droit supérieur sur 465 trabéculotomies réalisées.

#### **2. Lambeau conjonctival :**

La déchirure conjonctivale est une complication peropératoire indésirable de la trabéculotomie. La fuite résultante de la plaie peut se compliquer d'une diminution de la profondeur de la chambre antérieure, une hypotonie et une bulle de filtration plate au début de la période postopératoire.

Seuls cinq cas (1,1%) sur 465 yeux ont été signalés avoir une déchirure conjonctivale dans le CIGTS<sup>(2)</sup>.

#### **3. Application de la Mitomycine C :**

Une éponge imbibée de mitomycine C est placée sous la conjonctive avant l'entrée dans la chambre antérieure.

Ces éponges peuvent facilement se fragmenter lorsqu'elles sont retirées et être retenues dans l'espace sous-conjonctival, entraînant une érosion nécrotique de la conjonctive sus-jacente.

#### **4. Dissection du volet scléral :**

Lorsque le lambeau scléral superficiel est plus mince que le  $\frac{1}{4}$  de l'épaisseur sclérale, le tissu peut facilement se déchirer ou être amputé de sa base, il est donc nécessaire que la fermeture soit très serrée pour éviter une fuite de l'humeur aqueuse.

A l'inverse, si le lambeau est trop épais (plus des trois quarts d'épaisseur sclérale), il y a une forte probabilité d'entrée prématurée de la chambre antérieure, car la courbure du globe change brusquement au niveau du limbe.

#### **5. Sclérostomie :**

Après excision du bloc interne, le site de sclérectomie profonde doit être soigneusement inspecté : La membrane de Descemet est assez mince et transparente et peut être laissée par inattention. Il est nécessaire de rechercher ces résidus pour éviter le blocage de la fistule dans la période postopératoire.

#### **6. Lésions cornéennes :**

Les lésions superficielles de la cornée, peuvent être évitées en mouillant correctement la cornée tout au long de la chirurgie. Il faut également être prudent dans la manipulation de la cornée lors des sutures conjonctivales dans le volet à charnière au fornix.

Les petites abrasions sont habituellement sans conséquence et guérissent assez facilement. Les lésions épithéliales larges peuvent nécessiter une lentille de contact pendant quelques jours pour une cicatrisation adéquate.

#### **7. Iridectomie :**

Dans certains cas, l'iridectomie chirurgicale est incomplète, laissant derrière l'épithélium de l'iris postérieur.

Une iridodialyse ou une cyclodialyse peuvent survenir lors d'une iridectomie. Une petite iridodialyse a généralement peu ou pas de conséquences, mais une large dialyse peut nécessiter une réparation.

### **8. Hyphéma :**

Il s'agissait de la complication peropératoire la plus fréquente signalée par l'enquête nationale menée au Royaume-Unis (dans 24,6% des cas).

Il est généralement secondaire aux traumatismes de l'iris et du corps ciliaire au cours de l'iridectomie, en particulier chez les patients présentant une néovascularisation tissulaire active.

Pour prévenir les saignements peropératoires, les tissus doivent être manipulés avec soin. La cautérisation doit être judicieusement utilisée lorsque des vaisseaux saignants sont remarqués.

### **9. Décollement choroïdien:**

Le décollement choroïdien dû à des épanchements séreux dans l'espace suprachoroïdien survient fréquemment à la suite d'une hypotonie dans la période postopératoire suivant la chirurgie filtrante.

L'exécution d'une sclérotomie postérieure au cours de la trabéculéctomie a été recommandée comme mesure prophylactique pour prévenir cette complication<sup>(25)</sup>, mais cela n'a pas été préconisé de façon uniforme.

## **B. Les complications post-opératoires :**

### **1. La cicatrisation fibreuse :**

C'est la complication principale de la trabéculéctomie.

La gestion de ce facteur de risque peut augmenter d'au moins 10 % le taux de réussite de la trabéculéctomie, si les patients à risque sont bien identifiés et pris en charge de manière intensive.

Dans les semaines qui suivent immédiatement l'acte chirurgical, un tissu cicatriciel se développe entraînant une résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse. La vitesse à laquelle se forme ce tissu cicatriciel dépend de plusieurs facteurs : origine ethnique du patient, utilisation ou non d'anti-métabolites en peropératoire et environnement oculaire externe (traitements médicamenteux antérieurs, antécédent de trachome, blépharite, inflammation de la conjonctive).

On observe souvent une augmentation naturelle et passagère de la résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse, qui se résout ensuite par remodelage. Les augmentations de pression ne sont donc pas anormales quelques semaines après une trabéculéctomie.

Les contrôles fréquents (au minimum hebdomadaires) sont la meilleure façon de prévenir ou de lutter contre la cicatrisation fibreuse.

La première chose à faire est de rétablir la circulation de l'humeur aqueuse par des moyens mécaniques, à savoir en massant l'œil, en enlevant les sutures ajustables, en sectionnant les sutures non ajustables (au laser ou à l'aiguille), et en tout dernier recours en réalisant une libération à l'aiguille ou « needling » de la bulle de filtration.

Le needling se fait à la lampe à fente ou au bloc opératoire selon les cas. L'anticicatrisant est injecté à côté de la bulle de filtration, puis on procède au needling à l'aide d'une aiguille 30G ou d'une lancette 23G introduites en sous-cutané, à 9 mm du limbe et dirigées vers la paroi de la bulle de filtration qu'elles perforent en plusieurs points. Le needling est réussi lorsque la bulle de filtration s'affaisse, que la conjonctive adjacente se soulève, et que la PIO baisse. Des collyres corticoïdes et antibiotiques sont prescrits après le needling.

En moyenne, on réalise trois injections à quelques jours d'intervalle, parfois plus, ou moins, en fonction des résultats.

L'usage de corticoïdes est l'autre intervention postopératoire importante pour lutter contre la cicatrisation fibreuse. Il a été prouvé également que l'administration sous conjonctivale intensive de 5-fluorouracile peut être utile. Toutefois, elle a potentiellement des effets secondaires.

## **2. La fuite conjonctivale :**

La découverte d'un signe de Seidel est une complication fréquente, qui peut également apparaître à distance, parfois plusieurs années après l'intervention. Elle doit donc être recherchée à chaque consultation.

Elle doit être traitée le plus rapidement possible. En effet, la filtration se faisant en dehors de la bulle, celle-ci a plus de risques de s'aplatir et de fibroser. Il s'agit donc d'un facteur de risque d'échec chirurgical important. Il est d'ailleurs assez fréquent qu'une hypertension oculaire (HTO) apparaisse lorsque le Seidel s'est tari. Il y a par ailleurs un risque accru d'infection (blébite, endophtalmie...).

Plusieurs types de traitements sont disponibles:

- pommade vitamine A ophtalmique: en cas de Seidel modéré.
- lentille pansement.

Dans tous les cas, un traitement antibiotique local doit être maintenu, le risque d'infection étant majoré par le port de lentille. L'ajout d'un deuxième antibiotique local peut être discuté.

L'arrêt temporaire des corticoïdes locaux est très efficace pour traiter les fuites, car les phénomènes de cicatrisation sont ainsi facilités, mais la surveillance doit être très rapprochée, car il y a alors un risque d'hypertonie.

### **3. L'hypotonie persistante :**

À J1, une PIO entre 4 et 10 mm Hg est satisfaisante, elle remonte classiquement en une à deux semaines.

En cas de diminution de profondeur de la chambre antérieure, il faut attentivement rechercher un signe de Seidel. Celui-ci peut passer inaperçu lorsque la PIO est très basse. Par ailleurs, la pupille doit être dilatée (on pourra associer plusieurs mydriatiques) pour reculer le bloc ciliolenticulaire, éviter le contact entre cornée et cristallin ou implant et prévenir un glaucome malin. Dans la majorité des cas, la chambre antérieure se reforme progressivement avec un traitement adapté, et surtout avec le temps (1 à 2 semaines généralement).

Cependant, en cas de contact entre la cornée et le cristallin (ou l'implant), une reprise chirurgicale avec suture du volet scléral est indispensable. Une injection de visqueux en chambre antérieure peut être associée pour reformer la chambre. Seule, elle sera insuffisante si la filtration est trop importante, la chambre s'aplatira à nouveau au bout de quelques jours.

Un décollement choroïdien (DC) peut également être associé à l'hypotonie. Il est banal dans les premières semaines suivant l'intervention et régresse lorsque la PIO remonte. Il est parfois perçu par le patient, qui doit être rassuré. En cas de DC très important avec contact entre les poches ou atteinte du pôle postérieur, en revanche, un traitement est nécessaire. En premier lieu, traiter l'hypotonie peut suffire (reprise chirurgicale du volet scléral). Dans le cas contraire, un traitement corticoïde *per os* peut être essayé. Une reprise chirurgicale avec drainage des poches de décollement est rarement nécessaire.

Une hypotonie prolongée peut être responsable d'une BAV qui perdure, en rapport avec des plis maculaires. L'arrêt des corticoïdes (mais pas des antibiotiques !) prescrits en postopératoire favorise la fibrose de la bulle, et peut dans certains cas suffire à faire remonter la pression. Sinon, une reprise chirurgicale de la bulle sera également nécessaire. À noter que le volet scléral peut être suturé à travers la conjonctive au nylon 10/0.

#### **4. L'endophtalmie :**

L'endophtalmie liée à l'infection de la bulle de filtration (BRE) est une complication dévastatrice de la chirurgie filtrante. Contrairement à l'endophtalmie postopératoire aiguë qui résulte de l'inoculation intra-opératoire directe des microorganismes, la BRE se voit après migration transconjonctivale des bactéries en intra-oculaire.

Plusieurs paramètres peuvent être à l'origine de la BRE :

La technique chirurgicale, le site de l'incision conjonctivale, les pathologies oculaires associées notamment infectieuses, les médicaments utilisés, et la morphologie de la bulle de filtration.

L'utilisation des antimétabolites (5FU, mitomycine C) contribue à la formation de bulles exubérantes et poreuses à long terme, et accroît ce risque.

Le traitement des endophtalmies après trabéculéctomie, à l'instar des autres endophtalmies, repose sur des injections intravitréennes d'antibiotiques, la prescription d'antibiotiques locaux renforcés, d'antibiotiques systémiques, et la vitrectomie.

Le pronostic de ce type d'endophtalmie est le plus souvent mauvais en raison non seulement de la virulence des germes, mais aussi du retard de diagnostic fréquent et du terrain glaucomateux.

Plusieurs efforts ont été établis afin de prévenir efficacement les complications potentielles liées à l'infection de la bulle de filtration<sup>(26)</sup>. L'éducation des patients pour la détection précoce et donc le traitement rapide a été mise en œuvre<sup>(27)</sup>. La révision chirurgicale semble avoir une action protectrice, elle doit être envisagée chez les patients présentant une fuite de l'humeur aqueuse ou une hyperfiltration.

Il a été rapporté néanmoins que l'utilisation de topiques antibiotiques à long terme peut augmenter le taux de ces infections<sup>(28)</sup>.

### **5. L'Hyphéma :**

L'hyphéma se produit plus fréquemment au premier jour postopératoire et se résorbe assez rapidement. Si la résorption ne se fait pas, il y a vraisemblablement diathèse hémorragique, d'origine pharmacologique ou pathologique. Il faut traiter d'abord la diathèse hémorragique ; dans le cas très rare d'un hyphéma total, il pourra être nécessaire d'évacuer le caillot.

### **6. L'effet cataractogène :**

L'effet cataractogène de la trabéculéctomie est statistiquement confirmé par différentes études<sup>(29)</sup>.

L'apparition d'une cataracte dans les suites d'une trabéculéctomie est directement liée aux traumatismes occasionnés par l'intervention: traumatisme cristallinien peropératoire, hypotonie avec athalamie postopératoire immédiate et persistante, hyphéma, réaction inflammatoire dans la chambre antérieure.

# ETUDE PRATIQUE

## **I. CADRE DE L'ETUDE:**

L'étude a été réalisée au service d'ophtalmologie du Centre Hospitalo-Universitaire HASSAN II de Fès.

Il s'agit d'un service polyvalent de 30 lits d'hospitalisation répartis sur cinq grandes salles dont une dédiée uniquement aux enfants.

Le service possède quatre salles de consultations, avec une lampe à fente chacune, et dotées toutes d'un tonomètre à aplanation et d'un autre à jet d'air.

La salle d'exploration attenante comprend un angiographe rétinien numérisé, un tomographe à cohérence optique et un topographe cornéen.

L'unité d'orthoptie est munie d'un périmètre de Hymphrey.

Le bloc opératoire comporte trois salles indépendantes permettant d'assurer les activités de chirurgie.

## **II. MATERIEL:**

Notre étude est une étude rétrospective à visée descriptive et analytique, incluant tous les cas de patients opérés par trabéculéctomie et suivis au service d'ophtalmologie, étalée sur une durée de sept ans entre Janvier 2010 et décembre 2016.

Nous avons exclu les patients perdus de vue lors des contrôles.

## **III. METHODES :**

Un examen clinique complet et bilatéral était précédé d'un interrogatoire minutieux.

L'ensemble des éléments anamnestiques, cliniques, thérapeutiques et évolutifs a été transcrit dans une fiche d'exploitation.

# RESULTATS

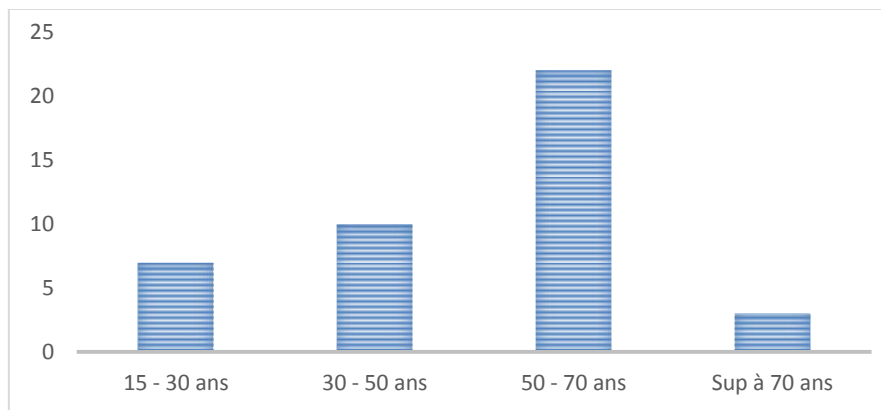
Nous avons retenu dans notre étude 103 yeux opérés par trabéculéctomie. Nous allons diviser nos patients en 2 groupes:

**Groupe 1:** 44 yeux de 42 patients adultes atteints de tous types de glaucome confondus, à l'exception du glaucome congénital.

**Groupe 2:** 59 yeux de 39 enfants atteints de glaucome congénital.

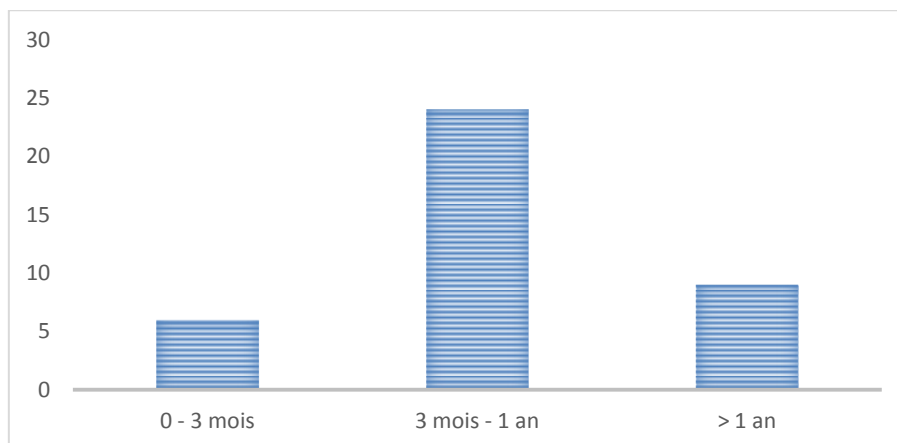
## I. EPIDEMIOLOGIE:

- La moyenne d'âge de l'ensemble des patients du groupe 1 est de **53 ans** avec des extrêmes allant de 17 ans à 73 ans. La tranche d'âge la plus représentée est celle au-delà de 50 ans.



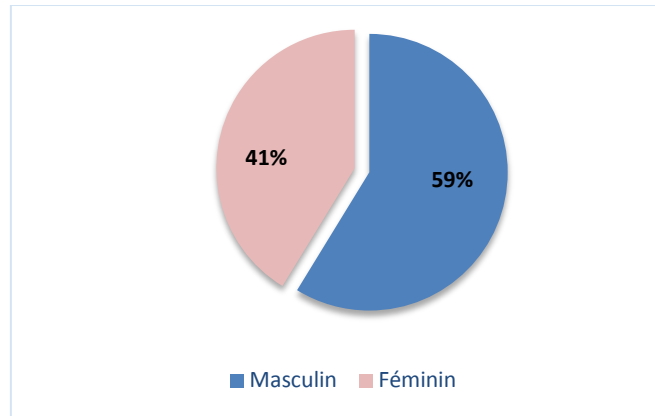
**Graphique 1: Répartition des patients en fonction de l'âge**

- L'âge du diagnostic des patients du groupe 2 varie de 23 jours à 9 ans; avec un âge moyen de **11.7 mois**.



**Graphique 2: Répartition des patients en fonction de l'âge du diagnostic.**

- On note une prédominance masculine avec un sexe ratio de 1.4.



Graphique 3 : Répartition des patients en fonction du sexe

- 11 patients du groupe 1, soit 25% avaient des facteurs de risque du glaucome.

Tableau 3 : Répartition des patients du groupe 1 selon les antécédents médicaux

	Nombre de Patients	Pourcentage
Hypertension Artérielle	7	17%
Diabète	7	17%

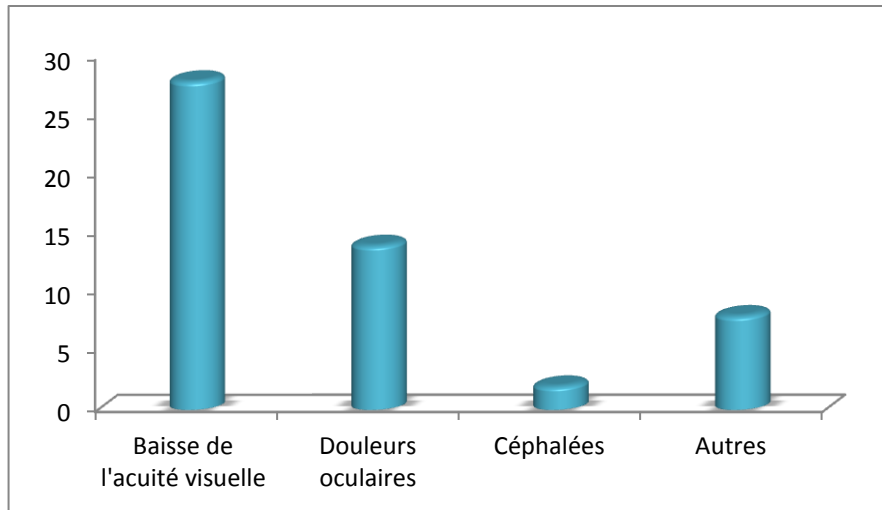
- Près de la moitié des patients du groupe 2 avaient des antécédents de consanguinité ; 21% avaient des antécédents familiaux de glaucome.

Tableau 4 : Répartition des patients du groupe 2 selon les antécédents pathologiques.

	Nombre	Pourcentage
Consanguinité	1 <sup>er</sup> degré	16
	2 <sup>ème</sup> degré	3
	3 <sup>ème</sup> degré	2
Antécédents familiaux de glaucome	8	21%

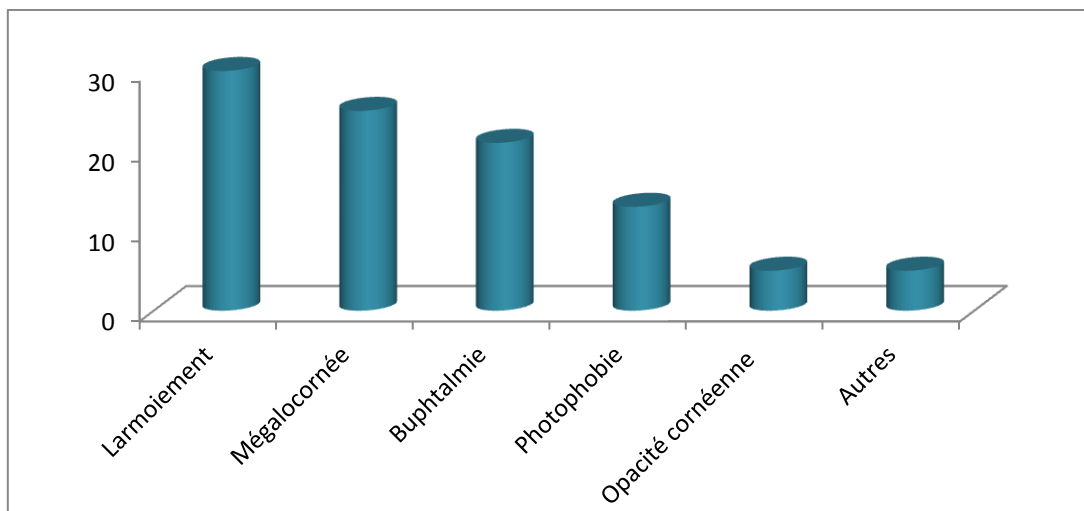
## II. ETUDE CLINIQUE :

- Dans le groupe 1: La baisse de l'acuité visuelle et les douleurs oculaires étaient les deux **motifs de consultation** les plus fréquents avec respectivement 68 % et 34 % des patients.



**Graphique 4 : Répartition des patients du groupe 1 en fonction du motif de consultation**

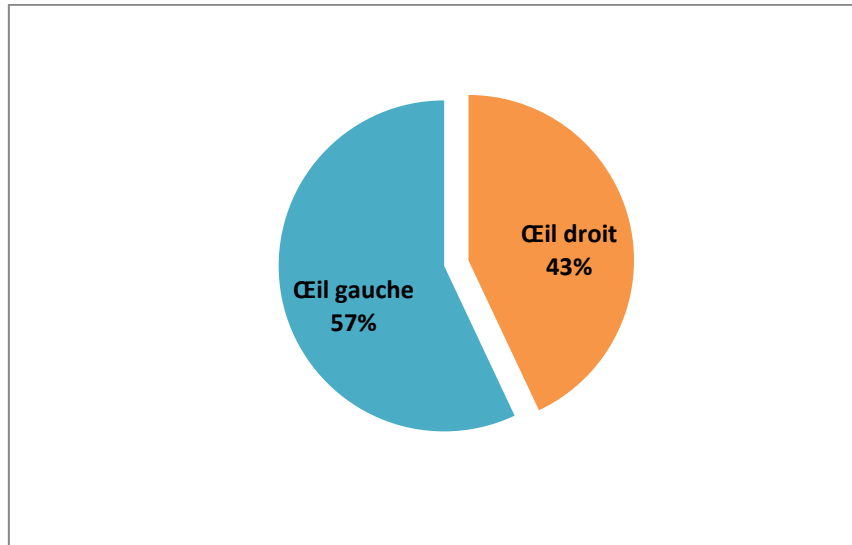
- Dans le groupe 2 : Le larmoiement, la mégalocornée et la buphtalmie étaient les principaux signes d'appel motivant les parents à la consultation avec respectivement 77%, 64% et 54% des cas.



**Graphique 5 : Répartition des patients du groupe 2 en fonction du motif de consultation**

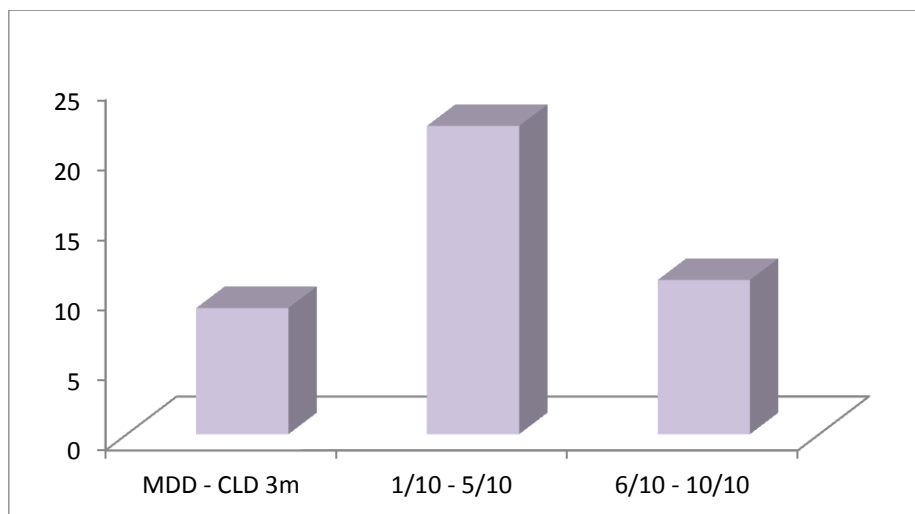
- 57 % des patients étaient opérés de l'oeil gauche.

Dans le groupe 2 : les deux tiers des patients avaient une atteinte bilatérale.



Graphique 6 : Répartition des patients en fonction de l'oeil opéré

- Près de la moitié des patients du groupe 1 avaient une **acuité visuelle initiale** entre 1/10 et 5/10.
  - Dans le groupe du glaucome congénital : Nous avons noté l'acuité visuelle pour les patients ayant atteint l'âge verbal ; Elle n'était chiffrée que pour 5 yeux : inférieure à 1/10 dans les cinq cas.



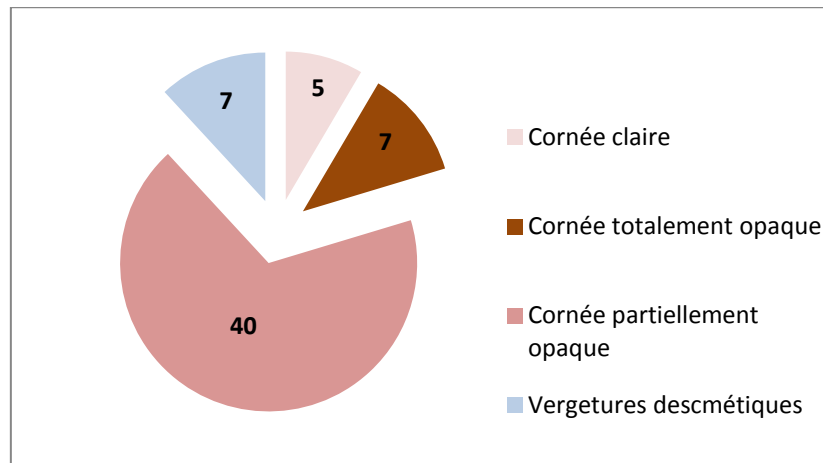
Graphique 7 : Acuité visuelle initiale.

- L'examen **de la cornée** est un temps essentiel dans le glaucome congénital :
  - A l'examen initial, la mégalocornée existait chez tous nos patients.
  - Le diamètre cornéen horizontal au moment de l'intervention variait entre 12 et 18 mm avec un diamètre cornéen moyen de **13.50 mm**.
  - 68% des yeux présentaient une cornée partiellement opaque.
- La mesure de la réfraction, lorsque l'état cornéen le permet, peut montrer une myopie due à la buphtalmie, parfois associée à un astigmatisme important, conséquence de ruptures descémétiques :
  - 95 % de nos patients avaient une myopie, avec une moyenne de - 6.86 dioptries [-1 ; - 17.15]. Il existe une asymétrie très fréquente génératrice d'amblyopie importante.
  - L'astigmatisme moyen de nos patients est de - 2.3 dioptries [- 0.25 ; - 10.50].



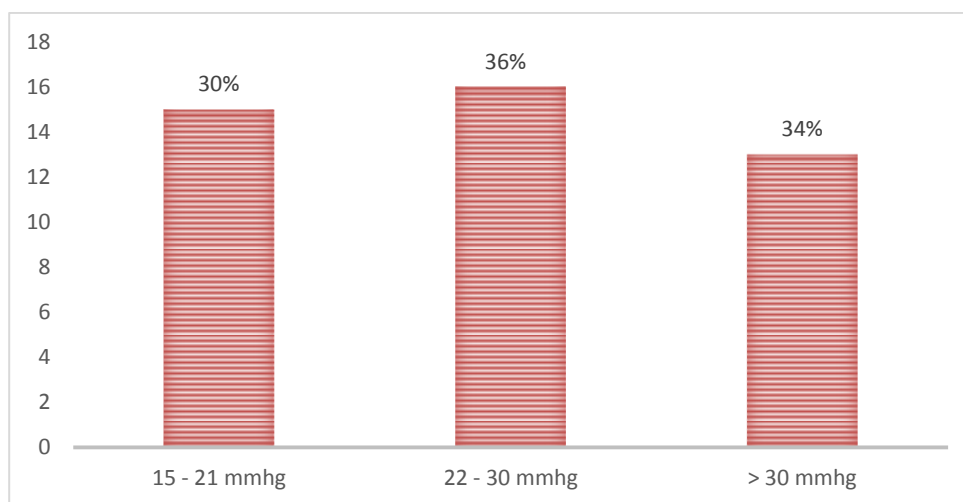
**Figure 22 : Nourrisson de 2 mois, hospitalisé pour glaucome congénital unilatéral droit.**

(Photo du service).



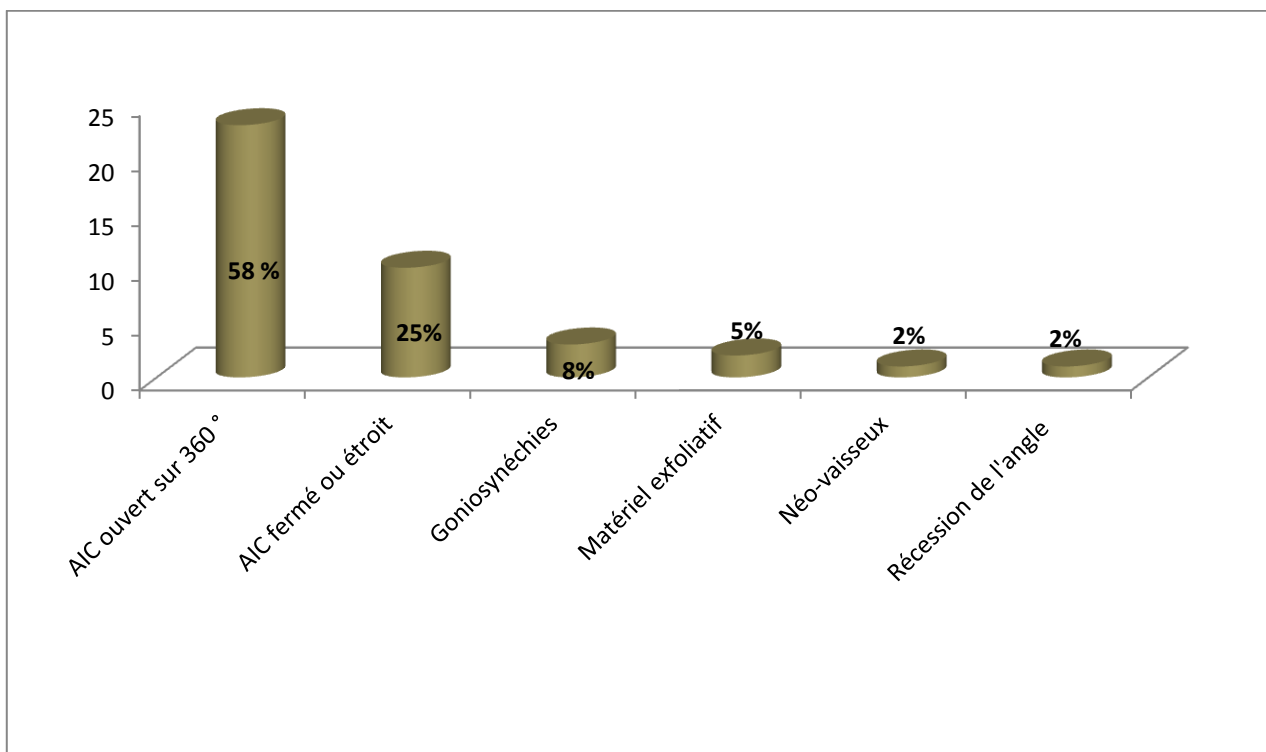
**Graphique 8 : Répartition des yeux (du groupe 2) en fonction de la transparence cornéenne**

- **Le tonus intraoculaire moyen de nos patients est de 25.6 mmhg.**
  - Dans le groupe 1 : Le tiers des patients avait un tonus oculaire normal sous traitement ; avec un TIO moyen de 27.5mmHg.
  - Dans le groupe 2 : Le tonus intraoculaire est pris sous anesthésie générale; un traitement hypotonisant est souvent instauré avant l'examen lorsque le diagnostic de glaucome congénital est évident à l'œil nu; le TIO moyen de ce groupe est de 23.83mmHg.



**Graphique 9 : Répartition des patients en fonction de la pression pré- opératoire**

- La **gonioscopie** est réalisée à l'aide du verre à trois miroirs de Goldmann.
  - Dans le groupe 1: Il s'agit d'un angle irido-cornéen ouvert dans 58 % des yeux, fermé ou étroit dans 25 %, présence de goniosynéchies dans 8 %.
  - Dans le groupe 2 : Sa réalisation n'était possible que chez 3 patients en raison de l'altération de la transparence de la cornée, elle a objectivé une dysgénésie de l'angle irido-cornéen.



Graphique 10: Evaluation de l'angle irido-cornéen.

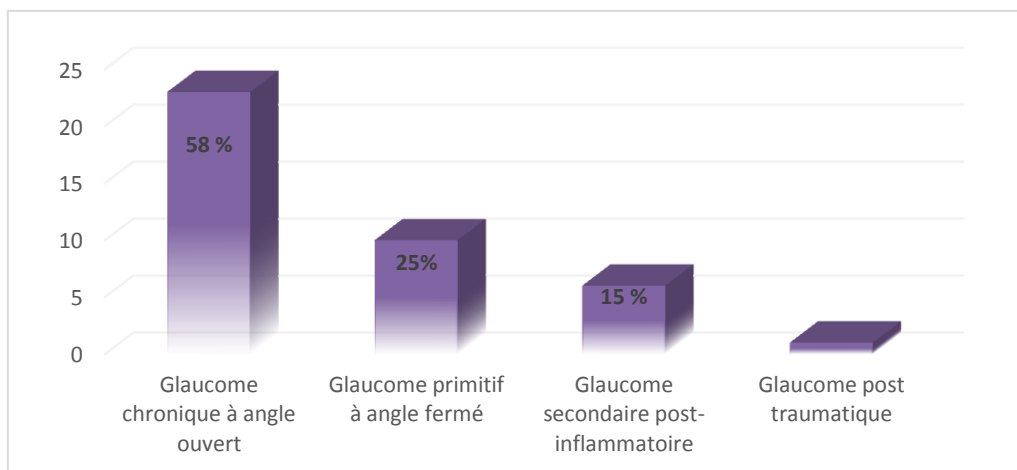
- Dans notre série, on note une prédominance du glaucome primitif à angle ouvert (GPAO) avec 58% des patients, suivi du glaucome primitif par fermeture de l'angle retrouvé chez 25 % des patients.

Seuls 15 % des patients avaient un glaucome secondaire post-inflammatoire.

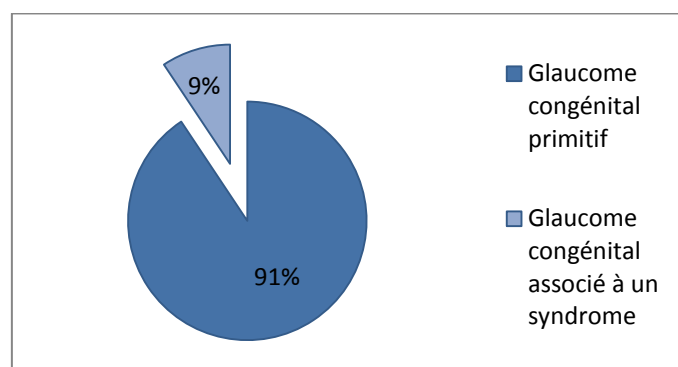
Dans le groupe 2 : Il s'agit d'un glaucome congénital associé à un syndrome chez 6 patients :

- Syndrome de Peters chez 3 patients,
- Syndrome d'Axenfeld Rieger chez 2 patients,
- 1 cas d'aniridie bilatérale.

Avec un cas associé à un syndrome poly-malformatif et un autre associé à un retard staturo-pondéral.



**Graphique 11 : Répartition des malades en fonction du type de glaucome**

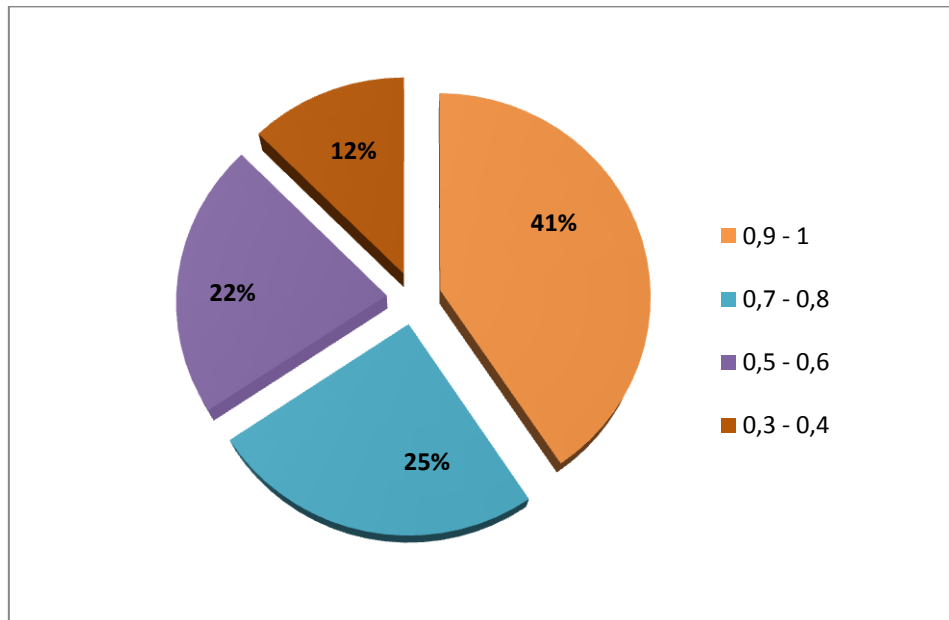


**Graphique 12 : Répartition des patients en fonction du type du glaucome congénital.**

- **L'excavation papillaire**, appréciée par le rapport cup/disc, varie de 0,3 à 1.

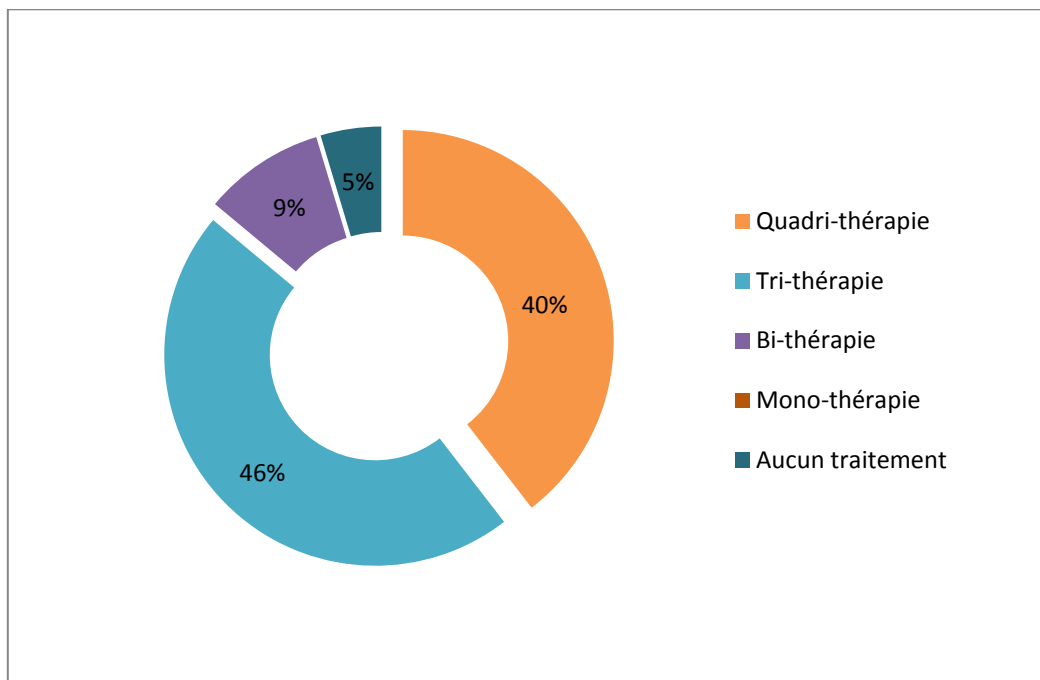
66% des patients de notre série avaient un rapport C/D supérieur à 0.7.

La papille n'a pu être appréciée que pour 19 yeux dans le groupe 2 lorsque la visibilité le permettait.



Graphique 13 : Répartition des patients selon l'excavation papillaire

- 95 % des patients du groupe 1 étaient sous **traitement médical hypotonisant** avant la chirurgie, dont 40 % sous quadrithérapie, 46% sous trithérapie et 9 % sous bithérapie.
  - Les molécules les plus utilisées étaient les inhibiteurs de l'anhydrase carbonique et les B-bloquants avec une durée variant entre 4 mois et 8 ans, soit une moyenne de 2 ans et demi.
  - Dans le groupe 2, lorsque le diagnostic de glaucome congénital est évident à l'œil nu, un traitement hypotonisant est souvent instauré, il est considéré comme un traitement d'attente avant la chirurgie.



Graphique 14 : Répartition des patients en fonction du traitement hypotonisant

- Le champ visuel n'a pu être réalisé que chez 13 patients du groupe 1. L'atteinte était modérée chez plus de la moitié des patients.

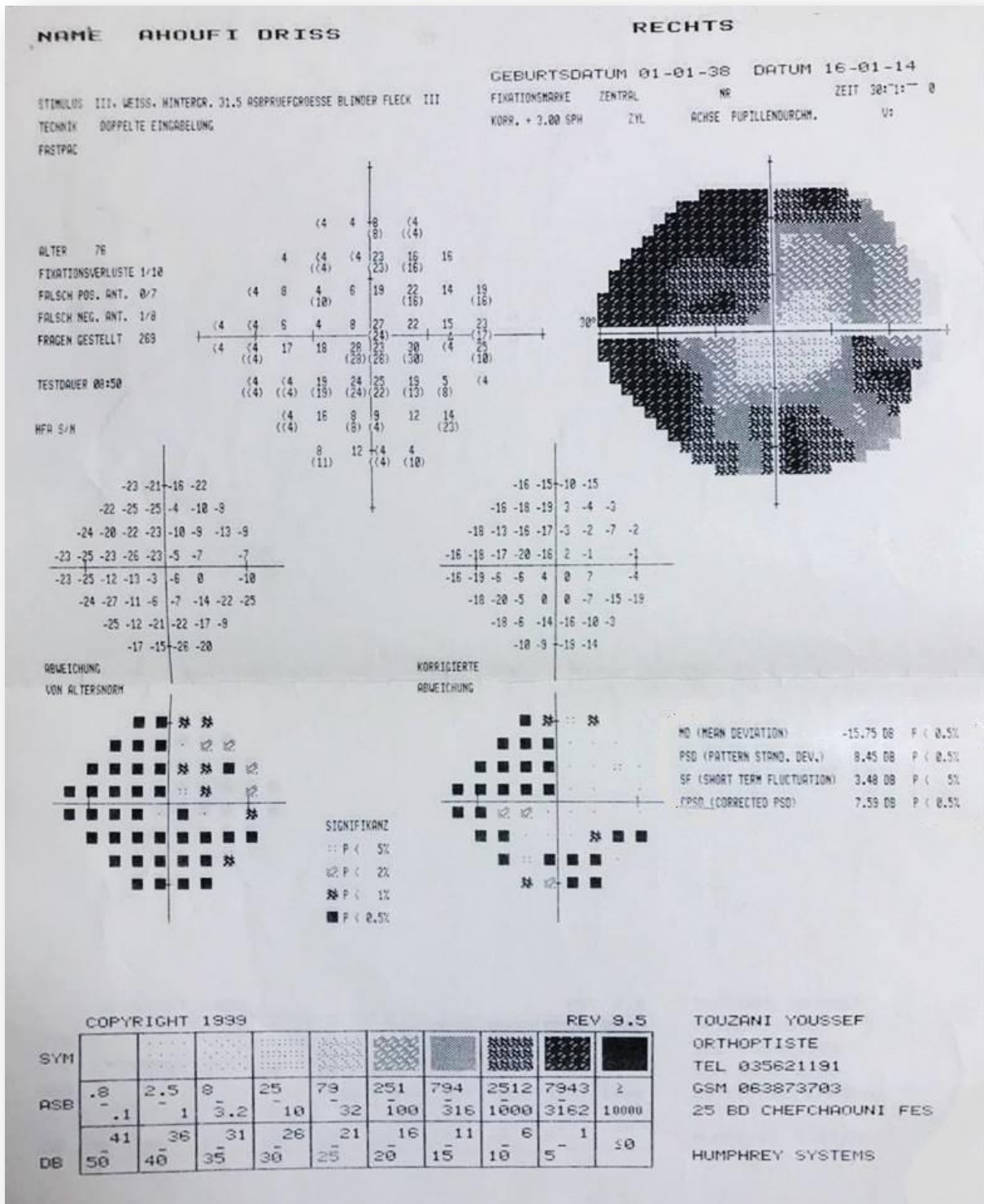
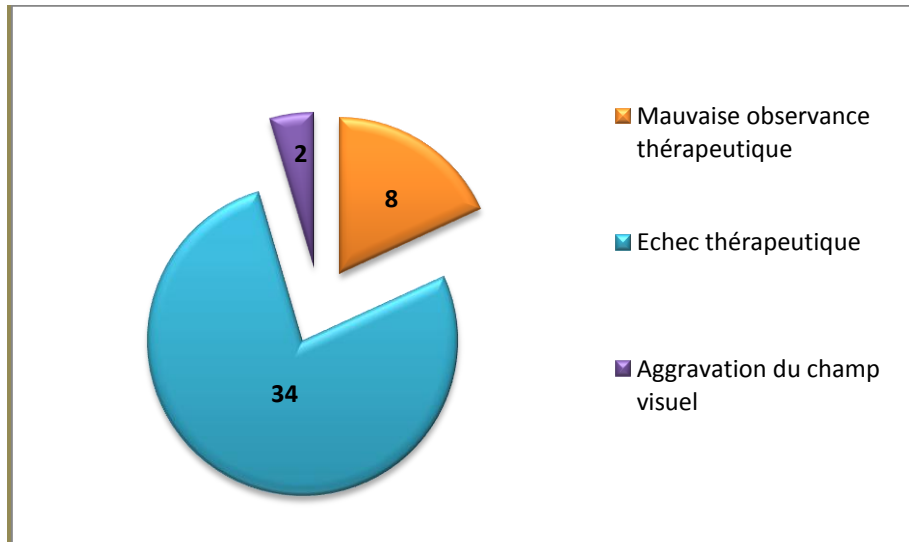


Figure 23 : Champ visuel montrant des scotomes périphériques avec préservation d'un ilot central. (Photo du service)

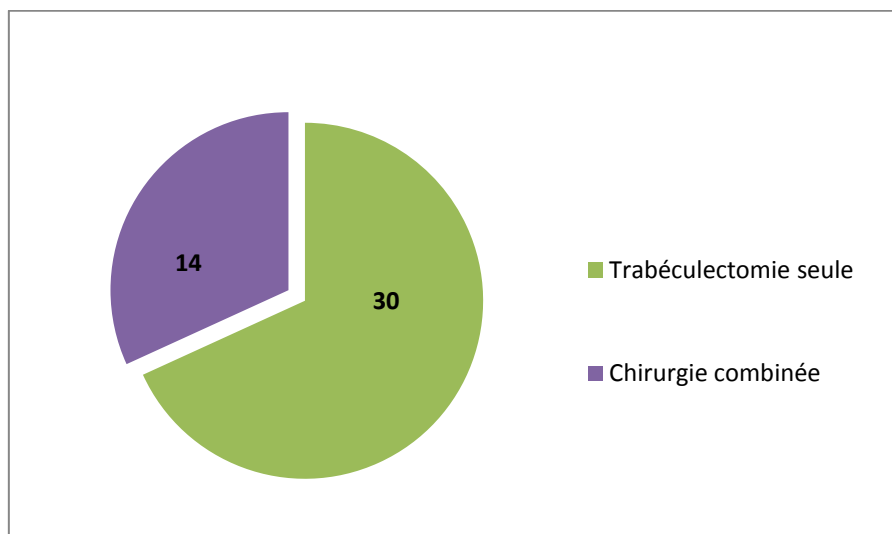
### III. TECHNIQUE CHIRURGICALE :

- L'indication majeure de la trabéculéctomie dans le groupe 1 était l'échec du traitement médical (77%).
  - Dans le glaucome congénital, le traitement chirurgical est un traitement de première intention.

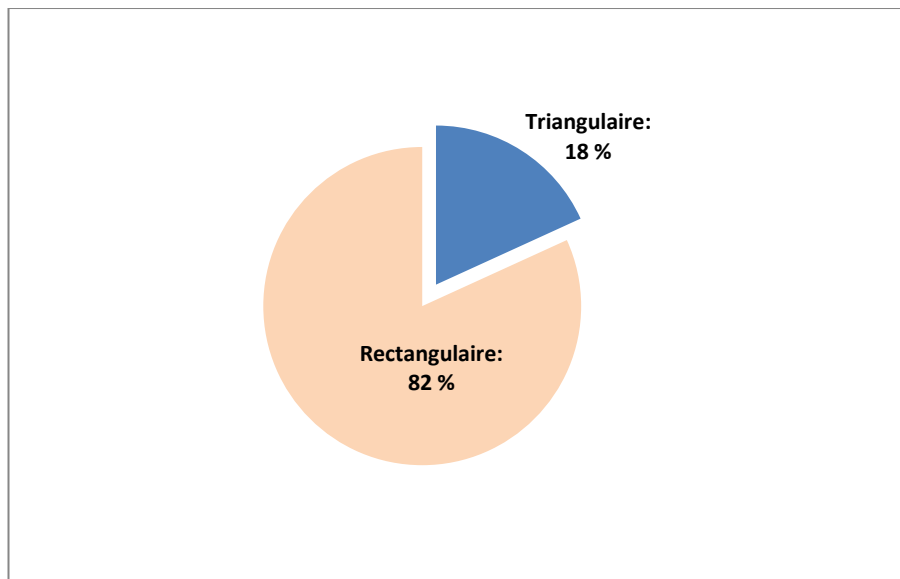


Graphique 15 : Indication du traitement chirurgical

- 32 % des patients (du groupe 1) opérés avaient bénéficié d'une **chirurgie combinée** (trabéculéctomie + phaco-émulsification) et 82% des yeux opérés d'un **volet scléral rectangulaire**.

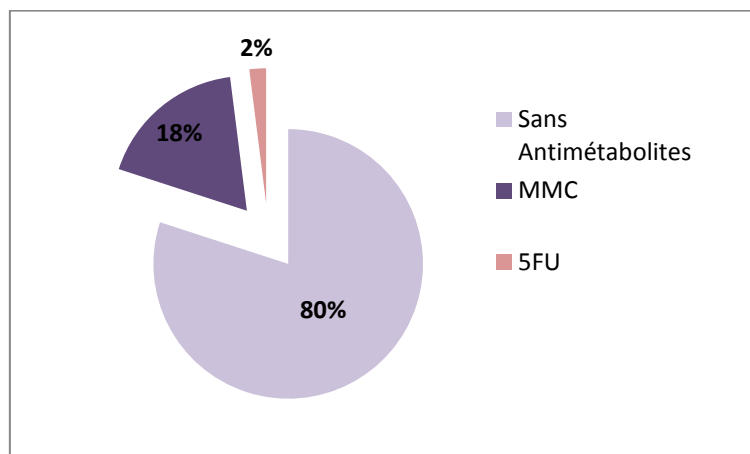


Graphique 16: Type de chirurgie



Graphique 17 : Type de volet scléral.

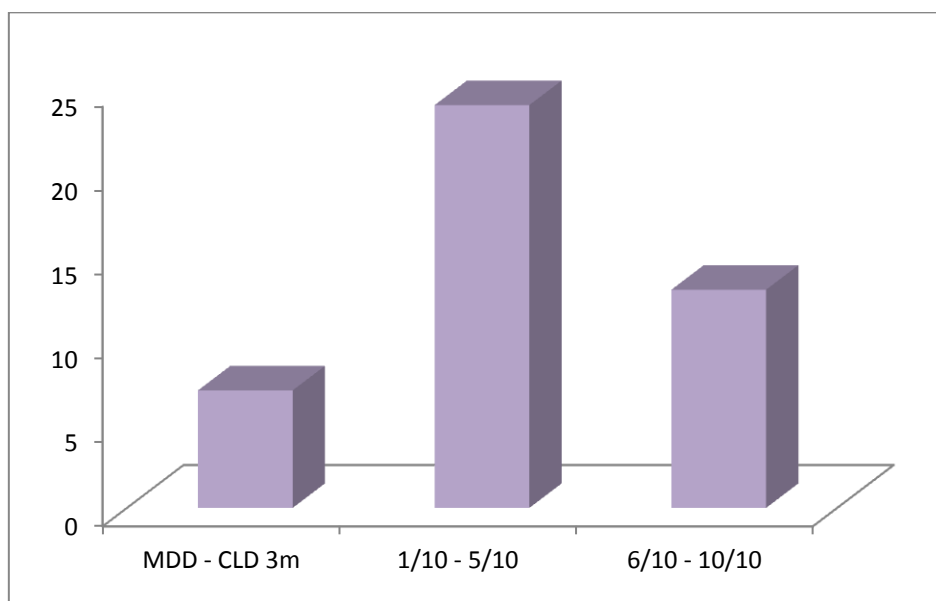
- Contrairement au groupe 2, dont tous les patients avaient bénéficié d'une trabéculéctomie avec utilisation de la mitomycine C, 18% seulement des yeux opérés du groupe 1 en avaient bénéficié.
  - Le 5FU a été utilisé pour un œil lors d'une reprise.



Graphique 18 : Utilisation des antimétabolites.

#### IV. RESULTATS :

- Près de 60 % des patients du groupe 1 avaient amélioré leur acuité visuelle en post opératoire et 25% avaient gardé une acuité visuelle stable.
  - En revanche, une aggravation de l'acuité visuelle était notée chez 15% des patients.
  - Dans le groupe des glaucomes congénitaux, l'acuité visuelle post-opératoire n'était chiffrée que pour 5 yeux variant de 1/10 à 4/10.



Graphique 19 : Acuité visuelle post opératoire.

- Le diamètre cornéen horizontal en post-opératoire au dernier examen du groupe 2 variait entre 11 et 15 mm avec un diamètre cornéen moyen de 13.20mm. Après normalisation tensionnelle, l'éclaircissement cornéen est rarement total, généralement très partiel : il a été constaté dans 40% des yeux.

- Dans le groupe 1 : Une **normotonie** avait été obtenue chez 59% des patients sans traitement hypotonisant à 1 an.

2 patients avaient gardé un tonus au-delà de 21 mmhg malgré un traitement médical, et avaient nécessité une reprise chirurgicale.

- En revanche, dans le groupe 2, après un recul moyen de 30 mois: 73% des patients ont fait baisser leur pression intraoculaire à moins de 16 mmHg, 20 yeux avaient nécessité une reprise chirurgicale dont 3 en avaient nécessité plus d'une seule.

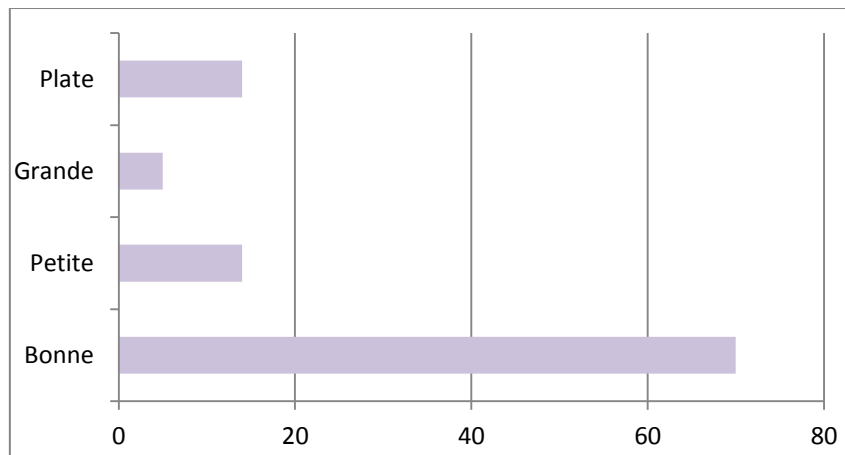
**Tableau 5 : Evolution de la pression oculaire jusqu'à 1 an. (Groupe 1)**

	J1	J30	J60	1 an	
<b>Moyenne (mmhg)</b>	15.82	15.46	14.4	13.6	
<b>TIO &lt; 21 mmhg</b>	78%	75%	70%	Aucun traitement	59%
				Monothérapie	21%
				Bithérapie	10%
				Trithérapie	5%

**Tableau 6 : Pression oculaire au dernier contrôle. (Groupe 2)**

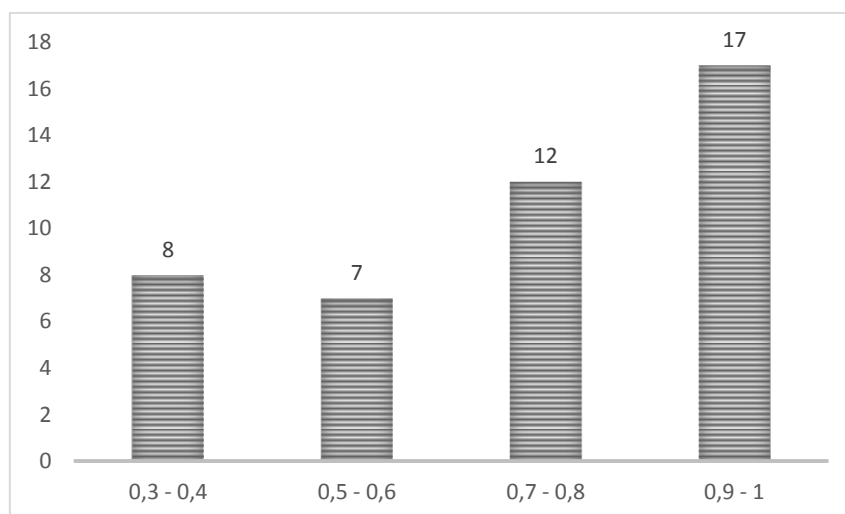
		Pourcentage	
<b>PIO &lt; 16 mmhg</b>	73%	Sans traitement	81%
		Monothérapie	12%
		Bi, tri ou quadri-thérapie	7%
<b>PIO &gt; 16 mmhg</b>	27%		

- Une **bonne bulle de filtration** était obtenue chez 68% des patients.



Graphique 20 : Aspect de la bulle de filtration

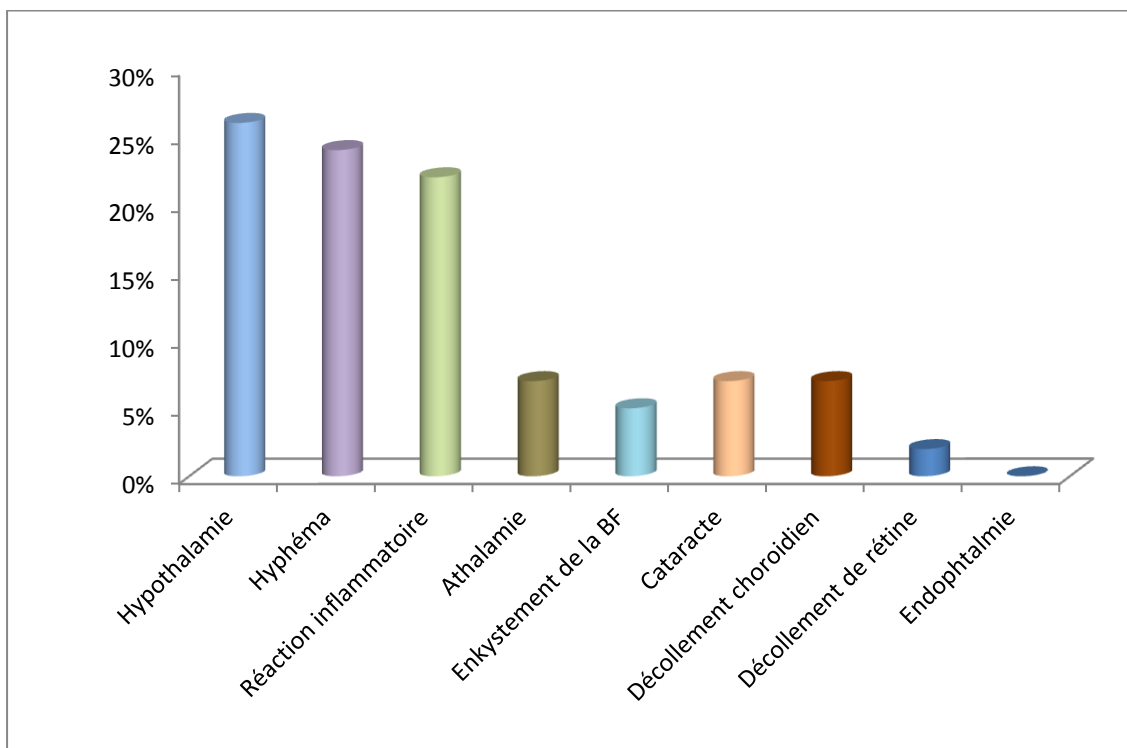
- 11 % des patients du groupe 1 avaient aggravé leur **excavation papillaire** et plus de la moitié avaient gardé une excavation papillaire supérieure à 7/10<sup>e</sup>. En revanche, plus de la moitié des patients du groupe 2 chez qui la papille était examinée en post-opératoire (54%), avaient une excavation inférieure à 6/10<sup>e</sup> en post-opératoire.



Graphique 21: Excavation papillaire post opératoire (groupe 1)

## V. COMPLICATIONS:

- En per-opératoire : Nous avons noté essentiellement trois cas de déchirure du volet conjonctival par fragilité de la conjonctive (dont 1 du groupe 2) ; et deux cas d'hyphéma (du groupe 2) au moment de l'iridectomie périphérique, spontanément résolutifs.
  - L'inflammation, l'hyphéma et l'hypothalamie sont les **complications post-opératoires** les plus retrouvées :
    - 2 cas d'hyphéma ont nécessité un lavage (groupe2).
    - Un cas de décollement choroïdien a nécessité une reprise deux jours après. (Groupe 2)
    - Aucun cas d'endophtalmie n'est survenu dans notre série.



Graphique 22 : Complications post opératoires

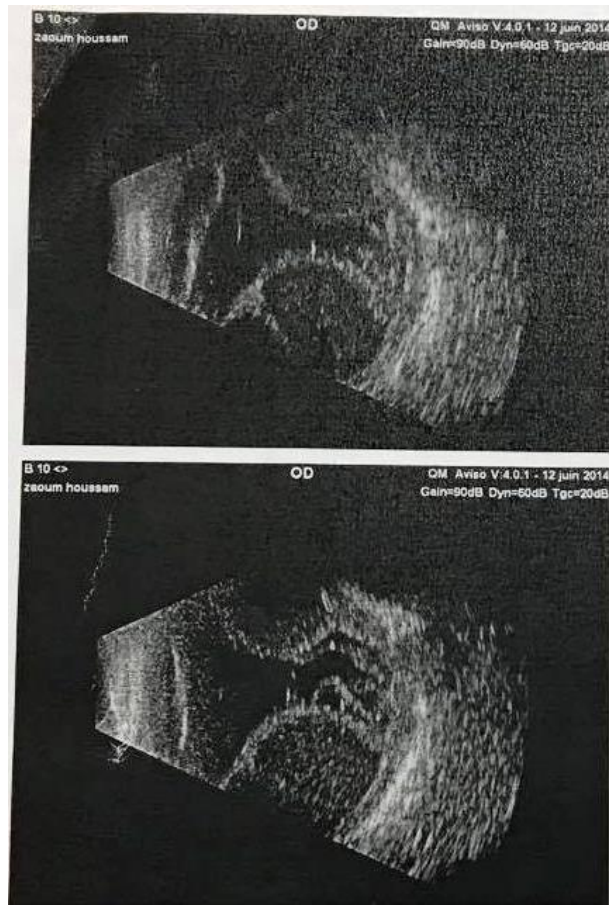


Figure 24 : Echographie oculaire montrant un décollement choroïdien. (Photo du service)

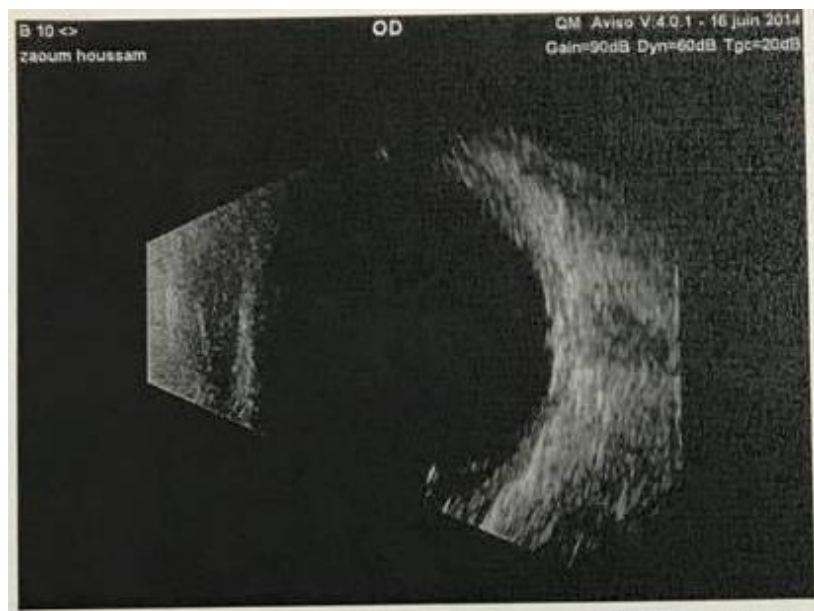


Figure 25 : Echographie oculaire montrant une régression du décollement choroïdien 4 jours après. (Photo du service)

## VI. TAUX DE REUSSITE :

- Nous considérons que la trabéculéctomie est un succès sur le plan tonométrique si la pression intraoculaire est :
    - Inférieure à 21mmHg sans traitement hypotonisant à 1 an pour le groupe 1.
    - Inférieure à 16mmHg sous anesthésie générale au dernier contrôle pour le groupe 2.
  - L'échec est relatif si un traitement adjuvant permet d'obtenir la pression intraoculaire cible.
  - L'échec est absolu si la pression intraoculaire reste au-delà de la pression cible malgré un traitement hypotonisant.
- 60 % des patients de notre série avaient connu une réussite thérapeutique, 23 % un échec relatif, 17 % un échec absolu, répartis comme suit :

Tableau 7 : Répartition des résultats tonométriques en fonction des groupes.

Groupe	Taux de réussite		
	Succès	Echec relatif	Echec absolu
Groupe 1	59%	36%	5%
Groupe 2	60%	13%	27%

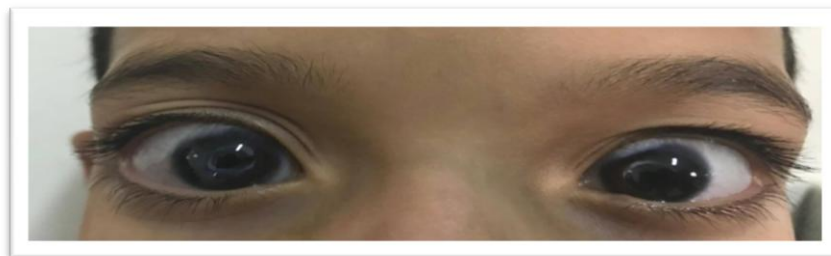


Figure 26 : Patient de 7 ans, opéré en 2012 pour glaucome congénital bilatéral, suivi en consultation pédiatrique. (Photo du service)

# DISCUSSION

## I. EPIDEMIOLOGIE :

- L'âge moyen des patients du groupe 1 était de 53 ans avec des extrêmes allant de 17 ans à 73 ans.

	Série de Kirwan <sup>(30)</sup> 2013	Série de Ibrahim <sup>(31)</sup> 2017	Série de Dieng <sup>(32)</sup> 2009	Notre série 2017
Age moyen (ans)	69.2	67.7	45	53

- Dans la littérature, le diagnostic du glaucome congénital se fait dans la majorité des cas avant l'âge de 6 mois; dans notre série, l'âge moyen du diagnostic est de 11.7 mois : Ceci peut être expliqué par le retard de consultation dans notre contexte.

	Série de Aziz <sup>(60)</sup>	Série de Tchabi <sup>(61)</sup>	Série de Jayaram <sup>(62)</sup>	Notre série
Age moyen (mois)	13.1	8.1	9	11.7

- Une **prédominance masculine** a été retrouvée dans notre série avec un sexe ratio de 1.4 : Ce qui rejoint les données des différentes séries de la littérature.
  - Cette prédominance masculine serait due à la prévalence élevée du glaucome, en général, chez le sexe masculin.

	Série de Ibrahim <sup>(31)</sup>	Série de Dieng <sup>(32)</sup>	Série de Lam <sup>(33)</sup>	Notre série
Sexe masculin	55%	70%	69%	54%

- Dans le groupe 1 : 34% de nos patients avaient des **facteurs de risque** du glaucome : 17% étaient hypertendus et 17% diabétiques.
  - DEME(34) a retrouvé dans sa série 18.5% des patients hypertendus et seuls 6% étaient diabétiques.
  - Les études menées en population générale sont contradictoires quant à l'établissement de l'hypertension artérielle et du diabète comme un facteur de risque d'apparition du glaucome : The Egna-Neumarkt Study <sup>(35)</sup> a montré un lien important, avec un risque de glaucome multiplié par 2. D'autres études n'ont retrouvé qu'une relation modeste ou non significative notamment The Blue Mountains Eye Study<sup>(36-37)</sup>.
  - Dans le groupe 2 : Le facteur d'hérédité a été retrouvé chez 21% de nos patients ; selon les auteurs, l'affection est familiale dans 12 à 40% des cas. D'autre part, la notion de consanguinité parentale a été retrouvée chez 54% de nos patients, expliquant ainsi la fréquence de la maladie dans notre pays, par contre elle ne dépasse pas 8% en occident.

	Pourcentage				
	Série de Aziz <sup>(60)</sup>	Série de Tchabi <sup>(61)</sup>	Série de Nacef <sup>(68)</sup>	Série de Lahbil <sup>(64)</sup>	Notre série
<b>Consanguinité</b>	11.8%	16%	60%	43%	<b>54%</b>
<b>Antécédents familiaux de glaucome</b>	28%	8%	87%	14.3%	<b>21%</b>

## II. ETUDE CLINIQUE :

- Dans notre série, il s'agissait dans 51% des cas de l'oeil droit.

	Série de Ibrahim <sup>(31)</sup>	Série de Edmunds <sup>(38)</sup>	Série de Dieng <sup>(32)</sup>	Notre série
<b>Œil droit</b>	47%	50%	66.7%	<b>51%</b>

- Dans le groupe 2 ; l'atteinte est bilatérale dans 67% des cas : en effet dans les études précédentes parues dans la littérature, qui ont étudié les glaucomes congénitaux dans leur ensemble, le taux rapporté d'atteinte bilatérale allait de 70 à 80 %.(66-71)
- La fréquence élevée de bilatéralité de l'affection s'expliquerait par le caractère héréditaire de l'affection.

	Série de Mahdy <sup>(81)</sup>	Série de Lahbil <sup>(64)</sup>	Série de Renaudin <sup>(65)</sup>	Notre série
<b>Taux de bilatéralité</b>	100%	86%	71%	<b>67%</b>

- Dans notre étude, près de la moitié des patients du groupe 1 avaient une **acuité visuelle initiale** entre 1/10<sup>e</sup> et 5/10<sup>e</sup>.
  - Dans la série de DEME<sup>(34)</sup> 64.6% des patients avaient une acuité visuelle préopératoire > 3/10<sup>e</sup> avec une moyenne de 4/10<sup>e</sup>. Une acuité visuelle moyenne de 6/10<sup>e</sup> a été retenue dans l'étude de Parc<sup>(39)</sup>.
- Le **diamètre cornéen moyen** de nos patients du groupe 2 était de 13.50 mmHg, légèrement supérieur à celui de la littérature : une conséquence normale du retard diagnostique observé dans notre contexte.

- La fréquence des mariages consanguins qui sont à l'origine de dysgénésies sévères, et par conséquent des hypertonies oculaires très élevées explique le taux élevé des cornées troubles de nos patients.

	Série de Aziz <sup>(60)</sup>	Série de Tchabi <sup>(61)</sup>	Série de Meyer <sup>(66)</sup>	Notre série
Diamètre cornéen moyen (mm)	12.02	13.40	13.10	13.50
Taux de cornées troubles	29.8%	75%	70%	68%

- Le tonus intraoculaire moyen de notre série est de 25.6 mmHg.

	Série de Mahdy <sup>(81)</sup>	Série de Kirwan <sup>(30)</sup>	Série de Jayaram <sup>(62)</sup>	Série de Lam <sup>(33)</sup>	Série de Gruber <sup>(40)</sup>	Notre série
TIO moyen (mmhg)	31.5	23	24.2	27	22.7	25.6

- Dans les séries, comme dans la nôtre, le glaucome primitif à angle ouvert est le **type de glaucome** trabéculectomisé le plus fréquent.

	Série de Kirwan <sup>(30)</sup>	Série de Parc <sup>(39)</sup>	Série de Ibrahim <sup>(31)</sup>	Notre série
Taux du glaucome primitif à angle ouvert	92%	67%	55%	58%

- Dans le groupe 2: le glaucome congénital est associé à des anomalies oculaires dans 10 % des cas.

	Série de Jayaram <sup>(62)</sup>	Série de Fulcher <sup>(72)</sup>	Série de Sidoti <sup>(67)</sup>	Notre série
Syndromes associés au glaucome congénital	Aniridie: 2 Axenfeld-Rieger : 2	Axenfeld-Rieger: 1 Sturge-Weber : 2 Lowe : 1 Rubenstein-Taybi: 1	Sturge Weber: 1	Aniridie: 1 Axenfeld-Rieger: 2 Peters: 3

- 66% des patients de notre série avaient une **excavation** supérieure à 7/10<sup>e</sup> contre seulement 29.4% dans la série de Dieng<sup>(32)</sup>.

Le retard de consultation, et par conséquent le retard de prise en charge, est à l'origine des excavations avancées dans notre série.

- Dans la série de Lahbil<sup>(64)</sup> concernant les glaucomes congénitaux, l'étude de la papille optique n'a été possible que dans le 1/3 des cas, avec un C/D >5/10<sup>e</sup> dans 50% des cas.

- Dans les séries de Lam<sup>(33)</sup>, Dieng<sup>(32)</sup> et Deme<sup>(34)</sup> la majorité des patients étaient mis sous monothérapie pendant une durée moyenne de 15 mois.
  - Dans notre série, la majorité des patients du groupe 1 étaient mis sous **trithérapie** pendant une durée moyenne de 30 mois.

	Série de Lam <sup>(33)</sup>	Série de Dieng <sup>(32)</sup>	Série de Deme <sup>(34)</sup>	Notre série
<b>Sans traitement</b>	2.5 %	6%	4%	5%
<b>Monothérapie</b>	35%	70%	52%	-
<b>Bithérapie</b>	20%	23%	42%	12%
<b>Trithérapie</b>	30%	-	4%	<b>46%</b>
<b>Quadrithérapie</b>	12.5%	-	-	37%
<b>Durée du traitement en moyenne</b>	24 mois	6 mois	14 mois	<b>30 mois</b>

### III. TECHNIQUE CHIRURGICALE:

- L'ouverture **conjonctivale** est réalisée soit par un lambeau à charnière limbique soit à charnière au fornix.
  - Plusieurs études ont comparé ces deux types d'incision sans mettre en évidence de différences en terme d'efficacité ou de complications<sup>(41,42)</sup> :
  - Lam<sup>(33)</sup> comme Balo<sup>(43)</sup> ont constaté que la trabéculéctomie avec un volet conjonctival à charnière limbique procure de bons résultats à moyen terme.
  - Dans notre série tous les patients avaient bénéficié d'une incision conjonctivale à **charnière limbique**.
- Dans notre série, **82%** des patients avaient bénéficié d'un **volet scléral rectangulaire** contre 79% dans la série d'Edmunds<sup>(38)</sup> et 100% dans la série de Dieng<sup>(32)</sup>.
  - Sharma<sup>(44)</sup>, quant à lui, a retrouvé, sur une série de 22 patients, un taux de réussite de 91 % par une trabéculéctomie à volet scléral triangulaire contre 82 % par une trabéculéctomie à volet rectangulaire.
- **La chirurgie combinée** (phacoémulsification–trabéculéctomie) ou la chirurgie en deux temps reste un sujet très controversé.
  - Plusieurs études ont démontré l'efficacité de la chirurgie combinée sur l'abaissement de la tension intraoculaire à moyen et à long terme ; notamment celle de Mamalis<sup>(45)</sup> .
  - Néanmoins, en comparaison avec la chirurgie filtrante, les combinées entraîneraient moins d'abaissement pressionnel que les trabéculéctomies seules. Ceci a été démontré dans l'étude de Gaskin<sup>(46)</sup> et celle de Noben<sup>(47)</sup>.
  - Parallèlement, le moment idéal pour une chirurgie de cataracte chez un patient ayant préalablement bénéficié d'une trabéculéctomie est débattu : il

est reconnu que la chirurgie de cataracte affecte négativement la fonction d'une bulle de filtration préexistante, surtout si elle est réalisée peu après une trabéculéctomie(48). D'autre part, si la trabéculéctomie est réalisée dans les 6 mois suivant une chirurgie de cataracte, elle s'associe à un taux d'échec considérable(49).

- Dans notre série, **32%** des patients avaient bénéficié d'une chirurgie combinée contre 22% dans la série de Gaskin(46) et 15% dans la série de Parc(39).

- Le traitement du **glaucome congénital** est **chirurgical** et urgent.

Le but est d'éclaircir totalement ou partiellement la cornée et d'arrêter ou de prévenir la détérioration du nerf optique, en baissant la pression intraoculaire.

- Les techniques chirurgicales sont nombreuses.
- La trabéculéctomie a été d'abord proposée pour être utilisée en deuxième intention dans le glaucome congénital. Actuellement son utilisation en première intention dans les formes sévères à cornée trouble est tout à fait admise.(67)
- Les études ont montré que les interventions filtrantes dans le glaucome congénital présentent un plus grand taux d'échec et de complications par rapport à celles de l'adulte en raison des capacités de cicatrisation de l'enfant.(71-73)
- L'utilisation des antimitotiques et en particulier la mitomycine C a fortement augmenté l'efficacité de la trabéculéctomie.

**Dans notre série, la trabéculéctomie a été un traitement de première intention avec utilisation de la mitomycine C chez tous nos patients atteints de glaucome congénital.**

#### **IV. RESULTATS PRESSIONNELS : TAUX DE SUCCES :**

La valeur normale de la pression intraoculaire est idéalement située autour de 15mmhg mais ce chiffre n'est pratiquement pas utilisé pour définir les succès opératoires de la chirurgie filtrante.

Les études récentes proposent des résultats avec plusieurs critères de succès, car il n'existe pas encore de véritable consensus en la matière (50-51). La majorité de ces études ont retenu une pression intraoculaire < 21mmhg à un an comme critère de succès. Pour Landers<sup>(52)</sup>, comme Edmunds<sup>(38)</sup> et Nordmann<sup>(53)</sup> le succès tonométrique est établi pour une baisse de 20% de la pression intraoculaire, un critère adapté aux glaucomes à pression très élevée.

Dans notre étude, nous avons retenu une pression oculaire inférieure à 21 mmhg, sans traitement médical, à un an, comme critère de succès pour le groupe 1 et une pression oculaire inférieure à 16mmHg sous anesthésie générale au dernier contrôle pour le groupe 2.

Après 12 mois du traitement chirurgical, la pression intraoculaire moyenne était de **13.6 mmhg** nettement plus basse que la pression intraoculaire moyenne préopératoire; ce qui prouve la grande efficacité de la trabéculéctomie.

Dans notre série le taux de réussite du groupe 1 est de **59 %** proche de celui des différentes séries de la littérature.

	Série de Edmunds <sup>(38)</sup>	Série de Gaskin <sup>22</sup>	Série de Lam <sup>(33)</sup>	Notre série
<b>Pression intraoculaire à 1 an (mmhg)</b>	13.55	12.6	16	13.6
<b>Différence entre la PIO moyenne préopératoire et post opératoire (mmhg)</b>	11.8	-	11	13.9
<b>Taux de succès</b>	66.6%	78.4%	42%	59%

Dans la littérature étudiant la trabéculéctomie du glaucome congénital, le taux de réussite de la chirurgie varie entre 50 et 90 % selon le recul post-opératoire et l'utilisation d'antimétabolites.

Ce taux diminue au fil du temps à cause de la prolifération du tissu inflammatoire et fibreux.

Notre étude, en comparaison avec celles utilisant la mitomycine C, retrouve des résultats similaires, nettement plus satisfaisants par rapport aux résultats sans utilisation d'antimétabolites. (61-68-85)

Par ailleurs, certaines études n'ont pas montré de différence significative entre le taux de succès des trabéculéctomies avec ou sans antimétabolites, c'est le cas de Fulcher<sup>(72)</sup> et Rodrigues<sup>(76)</sup>.

Auteurs	Nombre d'yeux	Recul moyen (mois)	Critères de succès (mmhg)	Taux de succès
Mahdy <sup>(81)</sup>	24	13 mois	< 21	75%
Al-Hazmi <sup>(85)</sup>	100	12 mois	< 21	86%
Jayaram <sup>(62)</sup>	40	73 mois	< 21	65%
Sidoti <sup>(67)</sup>	29	25 mois	< 21	59%
Ouazzani <sup>(75)</sup>	55	21 mois	< 15	70.1%
Bouyahia <sup>(74)</sup>	50	12 mois	-	73%
<b>Notre série</b>	59	30 mois	< 16	<b>73%</b>

D'autres études ont comparé les résultats de la chirurgie filtrante entre les **glaucomes congénitaux primitifs et secondaires** : Sidoti<sup>(67)</sup> n'a pas trouvé de différence de résultats contrairement à Tourame<sup>(77)</sup> qui a conclu que les trabéculodysgénésies isolées semblent avoir un meilleur pronostic en termes de résultats et de stabilité pressionnels et par conséquent fonctionnels.

On note également dans notre étude que le taux de succès dans le groupe 2 est supérieur à celui observé dans le groupe 1, un résultat comparable à celui de la littérature : ce résultat est probablement en rapport avec l'utilisation de la MMC chez la totalité des patients atteints de glaucome congénital : En effet, les résultats de la trabéculéctomie sans antimétabolites montrent beaucoup moins de succès environ 30 à 50%<sup>(67,100)</sup>.

## V. RESULTATS FONCTIONNELS :

- Sur le plan fonctionnel, près de 85% des patients ont conservé ou amélioré leur acuité visuelle après trabéculéctomie. Ce taux est de 71% dans la série de Lam<sup>(33)</sup>.
- Les pertes d'acuité visuelle dans notre série sont essentiellement liées à l'apparition ou à la progression d'une cataracte retrouvée chez 5 patients.
- A la différence de l'adulte, l'excavation chez l'enfant régresse partiellement quand la pression intraoculaire diminue ce qui est un excellent paramètre de surveillance de l'évolution des glaucomes congénitaux<sup>(78)</sup> : La papille n'a été examinée en post opératoire que chez 54% des cas du groupe 2; plus de la moitié de ces patients avaient une excavation inférieure à 6/10<sup>e</sup> au dernier contrôle.
  - Dans la série de Bouyahia<sup>(74)</sup>, à 1 an du post opératoire, le taux des excavations physiologiques est de 76.5% avec une moyenne de 4/10<sup>e</sup>.

## VI. LES COMPLICATIONS POST OPERATOIRES :

The Advanced Glaucoma Intervention Study<sup>(56)</sup> and Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study<sup>(2)</sup> sont deux grandes études qui ont fourni les meilleures données sur les complications et les facteurs de risque associés à la trabéculéctomie qu'elle soit indiquée en première intention (CIGTS<sup>(2)</sup>) ou après échec du traitement hypotonisant (AGIS<sup>(56)</sup>).

Le taux de complications dans notre série est proche de celui des différentes études de la littérature à l'exception de la réaction inflammatoire post opératoire qui est présente dans 29 % des cas de notre série mais qui n'est pas bien décrite par les autres auteurs.

	Série de Edmunds <sup>(38)</sup>	Série de Jampel <sup>(54)</sup> (CIGTS)	Série de Lam <sup>(33)</sup>	Série de Gruber <sup>(40)</sup>	Notre série
<b>Hyphéma</b>	24.6%	10%	2.5%	12%	<b>12%</b>
<b>Hypothalamie</b>	24%	13%	2.5%	0%	<b>23%</b>
<b>Athalamie</b>	0.2%	4%	7.5%	0%	7%
<b>Enkystement de la bulle de filtration</b>	3.4%	12%	11.25%	7.7%	7%
<b>Cataracte</b>	20.2%	14%	12.5%	0%	11%
<b>Décollement chorôidien</b>	14.1%	12%	1.25%	4%	2%
<b>Endophtalmie</b>	0.2%	0%	2.5%	0%	0%

Les complications de la trabéculéctomie dans le glaucome congénital sont les mêmes que celles observées chez l'adulte. **L'hyphéma et l'hypothalamie** sont les deux complications les plus fréquentes avec respectivement 12% et 8% dans notre série : un résultat comparable à celui des autres auteurs.

En dehors de ces complications, **l'issue du vitré** reste une complication spécifique à l'enfant, pouvant compromettre le devenir visuel. Dans notre série aucun cas d'issue du vitré n'a été noté.

Les études ont également montré que le taux d'**endophtalmie** liée à l'infection de la bulle de filtration est plus élevé dans la population pédiatrique<sup>(82)</sup>. Aucun cas d'endophtalmie n'a été constaté dans notre série.

	Série de Jayaram <sup>(62)</sup>	Série de Sidoti <sup>(67)</sup>	Série de Lahbil <sup>(64)</sup>	Série de Boni <sup>(79)</sup>	Série de Zhang <sup>(80)</sup>	Série de Mahdy <sup>(81)</sup>	Notre série
<b>Hyphéma</b>	0%	3%	8.8%	12%	9%	8%	<b>12%</b>
<b>Hypothalamie</b>	10%	3%	7.6%	16%	6%	16.7%	<b>8%</b>
<b>Athalamie</b>	0%	--	--	--	--	--	2%
<b>Enkystement de la BDF</b>	2.5%	7%	--	4%	27%	--	0%
<b>Cataracte</b>	20%	3%	--	8%	--	--	0%
<b>Décollement choroïdien</b>	10%	--	1.2%	0%	--	8%	5%
<b>Décollement rétinien</b>	--	7%	1.2%	0%	--	--	2%
<b>Endophtalmie</b>	--	7%	--	--	0%	8%	<b>0%</b>

## VII. LES FACTEURS D'ÉCHEC DE LA TRABECULECTOMIE:

The Advanced Glaucoma Intervention Study <sup>(56)</sup> (AGIS) a déterminé les facteurs associés à l'échec de la trabéculéctomie.

Ces facteurs incluent l'âge jeune, une pression intraoculaire très élevée, le diabète, les complications postopératoires, une inflammation postopératoire marquée... Une chirurgie antérieure de la cataracte avec mise en place d'un implant de chambre postérieure impliquant une incision conjonctivale supérieure avait également un taux d'échec de la trabéculéctomie supérieur à celui des yeux paques<sup>(57)</sup>.

### Box 77-3 Factors Associated with Filtration Failure

1. Secondary glaucomas
  - Neovascular glaucoma
  - Aphakia
  - Uveitis
  - Traumatic
  - Multiple other types
2. African race
3. Prior failed filtration
4. Young age
5. Diabetes
6. Superior rectus bridle suture
7. The need for a very low postoperative IOP
8. Combined cataract and glaucoma surgery (use MMC)
9. Conjunctival scarring (example from scleral buckle surgery)
10. Pseudophakia
11. Any situation that changes the blood–aqueous barrier
12. Altered anterior segment anatomy (example penetrating keratoplasty)
13. Ocular surface disease such as ocular rosacea
14. Surgeon experience
15. Postoperative inflammation
16. Subconjunctival anesthetic
17. High IOP during the first 2 weeks post-filtration surgery

Figure 27 : Facteurs d'échec de la trabéculéctomie<sup>(57)</sup>

Les trabéculotomies échouent le plus souvent au niveau de la **bulle de filtration** soit par enkystement, ou par aplatissement progressif sous l'effet d'un accolement du feuillet ténonien à la sclère, en regard du volet <sup>(58)</sup> . Dans les deux cas, l'élément déterminant est la prolifération des fibroblastes sécrétant du collagène et venant créer une cicatrice fibreuse collagénique imperméable à l'humeur aqueuse.

L'usage prolongé de **médicaments anti-glaucomeux** instillés pendant plusieurs années sur la conjonctive est actuellement évoqué comme étant l'un des principaux responsables de l'échec de cette chirurgie.

Le lien avec la nature du traitement est variable d'une étude à l'autre mais il semble que les bêtabloqueurs soient les moins agressifs <sup>(58)</sup>.

Outre le principe actif, le conservateur serait également responsable de cette toxicité conjonctivale selon l'étude de Pissela<sup>(59)</sup>.

De ce fait en fonction du traitement prescrit, de la classe thérapeutique choisie, du nombre de collyre utilisé et surtout de la durée de leurs instillations, certains patients seront prédisposés à une réaction cicatricielle excessive lorsque l'intervention chirurgicale agressera brutalement ces tissus qui contiennent déjà tous les acteurs de la réaction inflammatoire.

De nos jours, plusieurs auteurs recommandent une **chirurgie filtrante plus précoce**, avant que les collyres et leurs conservateurs n'aient le temps d'altérer la conjonctive.

Opérer très tôt tous les glaucomes est certainement excessif, mais il est raisonnable de ne pas s'acharner à maintenir un traitement médical exagérément lourd et prolongé, lorsque celui-ci est manifestement incapable de stabiliser le tonus oculaire ou le déficit visuel.

Parmi nos patients du groupe 1, 41 % ont connu un échec dont 36 % ont connu un échec relatif de la trabéculéctomie, alors que 5 % ont connu un échec absolu : 95% ont été traités par plusieurs collyres contenant des conservateurs et/ou avait pris le traitement pendant plus d'un an avant de se faire opérer ; 25% avaient une bulle de filtration petite ou plate.

Parallèlement, 27% de nos patients du groupe 2 ont connu un échec thérapeutique: Mandal<sup>(63)</sup> comme Al-Hazmi<sup>(85)</sup> ont conclu que l'âge inférieur à un an est un facteur de risque significatif d'échec chirurgical. Cette différence liée à l'âge serait due à des altérations de la biologie cellulaire des fibroblastes survenant avec l'âge. La densité cellulaire diminue au fur et à mesure que l'organisme vieillit.

Certains paramètres se sont révélés particulièrement péjoratifs en termes de pronostic visuel : les formes bilatérales, une association à des malformations du segment antérieur, l'échec du geste opératoire initial, les altérations anatomiques secondaires irréversibles et la mauvaise rééducation de l'amblyopie sous-jacente.<sup>(84)</sup>

Nous convenons avec Rouland<sup>(83)</sup> qu'un glaucome congénital n'est jamais totalement guéri. Une surveillance post-opératoire régulière durant toute la vie de l'enfant est indispensable.

## VIII. LES ALTERNATIVES CHIRURGICALES:

Ces complications diversement appréciées dans la littérature constituent par leur fréquence ou leur gravité le principal argument des promoteurs des nouvelles techniques de chirurgie filtrante du glaucome. Ces techniques auront les mêmes résultats tonométriques que la trabéculéctomie de Cairns sans la majorité de ses complications<sup>(55)</sup>.

### A. SCLERECTOMIE PROFONDE NON PERFORANTE AVEC TRABECULECTOMIE

#### EXTERNE. <sup>(99)</sup>

Le point clé de l'intervention est l'ablation sélective de la membrane trabéculaire externe (MTE), sans ouverture de la chambre antérieure puisque les couches trabéculaires internes sont intactes, ce qui permet une décompensation douce du globe oculaire, limite le risque de l'hypotonie oculaire immédiate et les risques de cataracte à plus long terme.

La sécurité qu'offre cette technique permet d'étendre les indications des sclérectomies profondes non perforante aux glaucomes très évolués. La technique est préférée à la trabéculéctomie si le cristallin est clair, mais doit être réservée aux glaucomes dont l'angle irido-cornéen est bien ouvert et non susceptible de fermeture.

(87-88)

#### 1. Réalisation<sup>(89)</sup> :

Après ouverture conjonctivoténonienne au limbe, et dissection à la lame ou au couteau, jusqu'en cornée claire, d'un volet sclérale d'un tiers d'épaisseur sclérale d'environ 5mm sur 5mm, un second volet scléral profond est disséqué dans un plan préchoroïdien et préciliaire permettant d'arriver directement dans le plan de l'éperon scléral situé juste en arrière du canal de Schlemm.

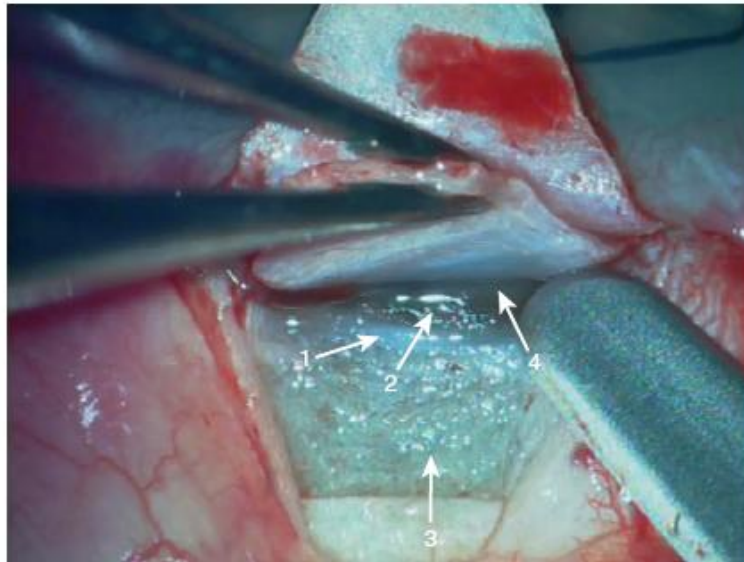
Après ouverture du canal de Schlemm et exposition du trabéculum postérieur, on poursuit la dissection en avant, dans le stroma cornéen, en prédescemetique. La résection de ce volet sclérocornéen profond, qui emporte le mur externe du canal et rend le trabéculum antérieur filtrant, crée un espace vide, appelé chambre de décompensation. Celle-ci reçoit l'humeur aqueuse qui va s'évacuer par différentes voies : transsclérale, uvéosclérale et sous-conjonctivale.

L'ablation de la membrane trabéculaire externe se fait par crochetage de la partie externe du trabéculum postérieur, à l'aide d'un couteau 45° ou d'une pince à griffes, jusqu'à isoler une membrane translucide, parfois pigmentée, qui se clive plus ou moins aisément des plans trabéculaires sous-jacents, et laisse filtrer généreusement l'humeur aqueuse par la membrane trabéculodescemétique (MTD) résiduelle.

La suture du volet scléral superficiel n'est pas obligatoire. Le volet conjonctivoténonien doit, lui, être suturé de façon parfaitement étanche à l'aide d'un fil résorbable à aiguille ronde.

Différents types d'implants peuvent être positionnés dans la chambre de décompensation pour la maintenir ouverte, sans supériorité démontrée d'un dispositif par rapport à un autre.

Si l'ablation de la membrane trabéculaire externe a été complète, la pression intraoculaire le lendemain de l'intervention doit être inférieure ou égale à 5 mmhg pour remonter aussi ensuite aux alentours de 10mmhg au bout de deux à quatre semaines.



**Figure 28 : Sclérectomie profonde non perforante avec trabéculéctomie externe, repérage anatomique<sup>(99)</sup>.**

1. Eperon scléral ; 2. Trabéculum postérieur ; 3. Chambre de décompression ; 4. Trabéculum antérieur.

## **2. Résultats :**

Une méta-analyse de dix articles, comparant la sclérectomie profonde non perforante et la trabéculéctomie à 12 mois avec utilisation systématique de mitomycine C, montre que l'abaissement tensionnel est équivalent aux deux techniques mais qu'avec la sclérectomie profonde non perforante les complications sont moins fréquentes (quatre fois moins de cataracte) et la récupération visuelle plus rapide.<sup>(86)</sup>

## **3. Complications :**

La sclérectomie profonde non pénétrante vise par essence à réduire notablement le nombre et l'étendue des complications liées à la chirurgie du glaucome. Cependant, malgré une indication opératoire bien justifiée, une maîtrise des techniques et moyens chirurgicaux à notre disposition, des complications opératoires peuvent malgré tout survenir.

### **3.1. Complications communes à la trabéculéctomie et à la sclérectomie profonde non perforante**

Les complications communes à toutes les chirurgies filtrantes sont nombreuses: hémorragies, signe de Seidel, chambre antérieure plate, inflammation intra-oculaire, décollement choroïdien, hypotonie, hypertonie, blébite, cataracte, œdème maculaire, endophtalmie, rétinopathie de décompression, baisse de l'acuité visuelle, glaucome malin, ectasie sclérale, la fibrose conjonctivale postopératoire.

Néanmoins, grâce à l'absence d'ouverture de la chambre antérieure permettant une baisse moins brutale de la pression intraoculaire, la survenue des complications fréquemment retrouvées dans la trabéculéctomie classique est sensiblement amoindrie avec cette technique. (90-95)

### **3.2. Complications spécifiques à la chirurgie non perforante :**

#### **3.2.1. Perforation de la membrane trabéculodescemétique :**

La membrane trabéculodescemétique est une structure très fine et extrêmement fragile. Lors de sa dissection, des perforations peropératoires peuvent parfois surgir dans sa portion la plus mince, correspondant d'un point de vue anatomique à la jonction du trabéculum antérieur et de la membrane de Descemet.

#### **3.2.2. Rupture de la membrane trabéculodescemétique :**

Des ruptures de la membrane trabéculodescemétique peuvent survenir après traumatisme de l'oeil, lorsque ce dernier subit des augmentations très brusques de pression. Il s'ensuit en général un prolapsus de l'iris au travers de la membrane trabéculodescemétique, avec une déformation de la zone pupillaire qui est ainsi attirée vers le site de filtration.

### **3.2.3. Décollement de la membrane de Descemet:**

Le décollement de la membrane de Descemet est une complication postopératoire relativement rare de la chirurgie non pénétrante du glaucome. Lors de la sclérectomie profonde, le mécanisme est probablement lié au passage d'humeur aqueuse de l'espace intrascléral dans l'espace sous- descemétique, avec pour conséquence un œdème de cornée localisé.

## **B. Chirurgies filtrantes ab externo sans bulle de filtration : (99)**

Leur objectif est de restaurer une évacuation physiologique de l'humeur aqueuse pour s'affranchir des problèmes liés à la bulle de filtration. Elles sont cependant moins efficaces que la trabéculéctomie ou la sclérectomie profonde non perforante sur la baisse de pression intraoculaire, et donc réservées aux glaucomes à angle ouvert modérés.

### **1. Visco canalostomie:**

Le principe est celui de la sclérectomie profonde non perforante complétée par l'injection d'un produit viscoélastique dans le canal de Schlemm et ses efférents pour les reperméabiliser. Une bulle de filtration est toutefois présente dans 30% des cas.<sup>(96)</sup>

### **2. Canaloplastie :**

C'est une visco canalostomie complétée par la dilatation circonférentielle du canal de Schlemm par un produit viscoélastique pour en lever le collapsus, et sa cathétérisation par un fil de prolène pour le maintenir ouvert. Des complications (hyphéma, hypotonie, cataracte, endophtalmie) sont possibles, mais moins fréquentes qu'après trabéculéctomie.<sup>(97)</sup>

### **3. Trabéculotomie :**

Cette technique, qui consiste à effondrer toutes les couches trabéculaires sur 90° ou 180° à l'aide d'un trabéculotome introduit dans la lumière du canal de Schlemm, est plutôt réservée aux glaucomes congénitaux car elle s'avère plus efficace que chez l'adulte où on l'associe souvent à une trabéculectomie.

### **C. Chirurgies filtrantes ab externo avec bulle de filtration postérieure utilisant des implants de drainage (Baerveldt, Molteno et valve d'Ahmed) :** <sup>(99)</sup>

Ces systèmes de drainage sont formés d'un tube en silicone qui est introduit dans la chambre antérieure, postérieure, ou dans le segment postérieur après vitrectomie, le tube étant relié à un large plateau positionné sur la sclère, en arrière de l'équateur.

L'idée est de dériver l'humeur aqueuse vers le plateau, dans les espaces sous conjonctivaux postérieurs, là où le risque de fibrose est moindre. L'humeur aqueuse va diffuser au travers de la bulle de filtration qui se forme autour du plateau.

Les dispositifs varient en fonction de leur taille, du matériau, de la surface de diffusion du plateau (corrélé à l'abaissement pressionnel mais aussi au risque d'hypotonie oculaire), de la présence ou non d'un système régulateur de flux, que seule la valve d'Ahmed possède et qui permet d'éviter les hypotonies précoces (la valve s'ouvre quand la pression intraoculaire dépasse 12mmhg et se ferme en de ça de 8 mmhg).<sup>(98)</sup>

Pour les systèmes non valvés (implant de Baerveldt et Molteno), afin d'éviter une hypotonie brutale, il faut obturer transitoirement la lumière du tube par une suture résorbable, le temps que se développe, en deux à six semaines, la bulle de filtration autour du plateau. Celle-ci oppose une résistance relative à l'écoulement aqueux une fois que la résorption des sutures a rendu le tube fonctionnel.

Les abaissements pressionnels peuvent aller jusqu'à 50%, les taux de succès sont comparables à ceux de la trabéculéctomie, mais les risques d'encapsulation de la BDF sont fréquents, ce qui explique la nécessité de reprendre dans près de 70% des cas, un traitement médical d'appoint.

Des complications surviennent dans 50% des cas. La complication précoce la plus fréquente des systèmes non valvés est l'hypotonie oculaire, qui peut se compliquer de décollement choroïdien, d'hyphéma, d'un contact endothélial du tube, d'une maculopathie. Les complications tardives sont essentiellement des remontées tensionnelles oculaires liées à une fibrose ou encapsulation autour du plateau (plus fréquentes avec la valve d'Ahmed), l'extériorisation d'une partie du dispositif avec ses risques infectieux ou une décompensation cornéenne.

Les implants de dérivation de l'humeur aqueuse sont réservés aux échecs des chirurgies filtrantes. Ces sont des alternatives aux techniques de cyclodestruction auxquelles elles sont préférées en cas d'acuité visuelle utile et si l'anatomie oculaire est favorable à leur mise en place.

#### **D. Ex-PRESS™ :** (10)

L'indication d'un Ex-PRESS™ se fera selon les mêmes critères que ceux d'une trabéculéctomie, à quelques nuances près.

La technique recommandée débute comme celle d'une trabéculéctomie, par la désinsertion de la conjonctive et la création d'un volet scléral. Sous protection viscoélastique, l'injecteur dépose l'Ex-PRESS™ au travers du limbe qui s'y fixera par son éperon inférieur. Il n'est pas nécessaire de faire une iridectomie. La conjonctive et le volet scléral sont suturés selon les habitudes du chirurgien.

De Jong <sup>(101)</sup>, dans une étude prospective randomisée sur 78 patients jamais opérés suivis sur cinq ans, ont retrouvé un taux de succès plus favorable en faveur du groupe Ex-PRESS™. À un, trois et cinq ans, les taux étaient de 86,8 %, 66,7 % et 59 % pour l'Ex-PRESS™ versus 61,5 %, 41 % et 46,2 % pour les trabéculectomies.

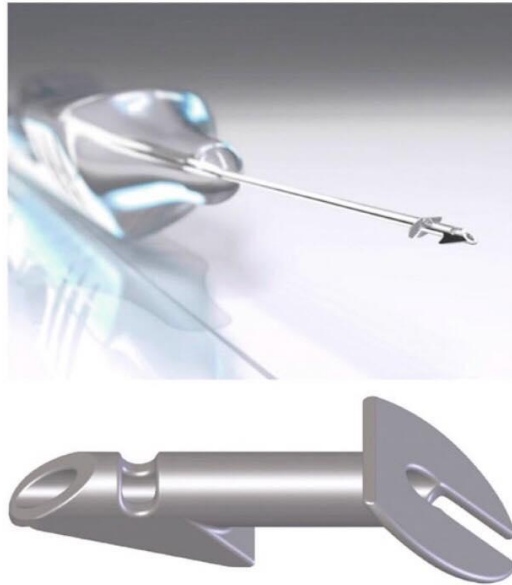


Figure 29 : Dispositif EXPRESS <sup>(10)</sup>

## **E. Chirurgie micro-invasive ou mini-invasive du glaucome:**

Au cours de la dernière décennie, de nouveaux dispositifs et procédures médicaux, appelés collectivement CMIG (chirurgie micro-invasive ou mini-invasive du glaucome) ont fait surface.

Leurs caractéristiques principales comprennent une approche ab interno, une efficacité modérée, un profil de sécurité élevé, une récupération postopératoire rapide et un traumatisme tissulaire minimal. Ces procédures sont conçues pour améliorer la sécurité des interventions chirurgicales pour le glaucome, tout en procurant l'efficacité requise pour ralentir ou arrêter sa progression.

Les bénéfices démontrés de la CMIG incluent la réduction de la PIO, la diminution du besoin de médicaments, une récupération postopératoire rapide et des complications minimales. Les bénéfices supplémentaires, dont on poursuit l'étude, incluent le report ou la prévention d'une chirurgie du glaucome plus invasive, l'amélioration de la qualité de vie, la diminution du nombre de visites chez le médecin, la rentabilité et la prévention de perte visuelle.

Les indications actuelles pour la CMIG comprennent les patients qui subissent une chirurgie de la cataracte et qui nécessitent un traitement médical du glaucome, les patients qui ne sont pas en mesure de tolérer ou de respecter un traitement médical du glaucome, et les patients dont la pression intraoculaire n'est pas suffisamment bien contrôlée par un traitement médical ou au laser, sans clairement nécessiter une chirurgie invasive comme une trabéculéctomie avec un dispositif de drainage du glaucome. La majorité des CMIG ne sont pas indiquées pour les patients qui présentent un glaucome à angle fermé.

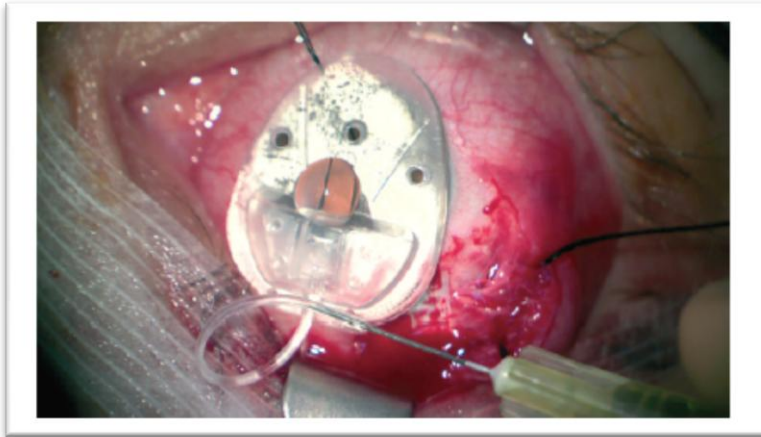


Figure 30 : Valve d'Ahmed en silicone.

Le système restricteur du flux est à la jonction tube-plateau.<sup>(99)</sup>

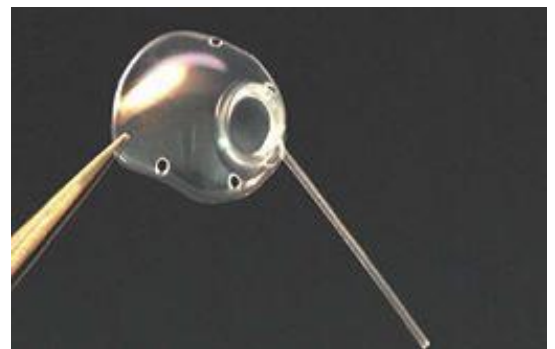
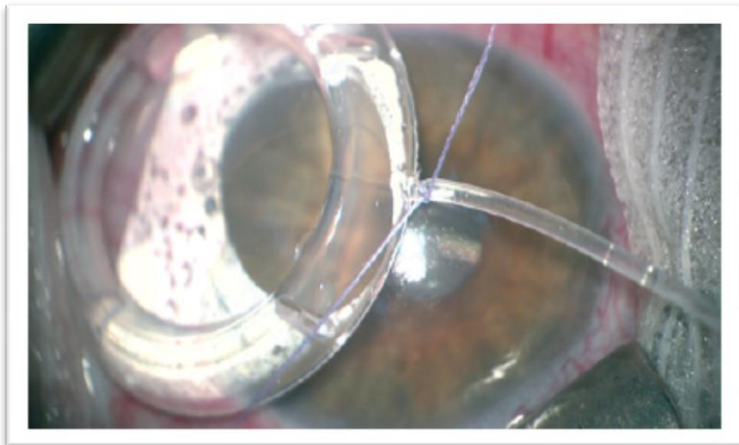


Figure 31: Implant de Molteno simple plateau avec ligature du tube au fil de suture résorbable.<sup>(99)</sup>

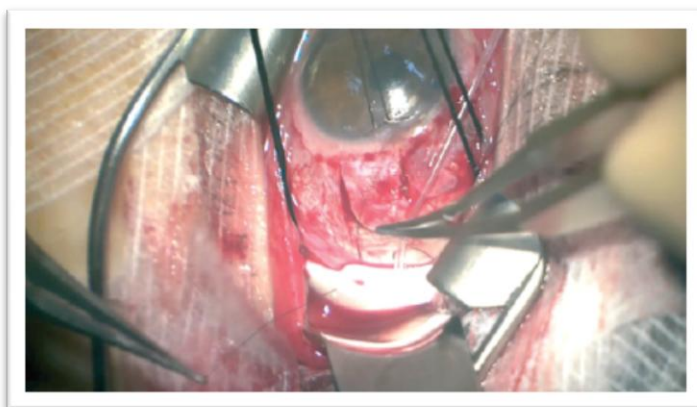


Figure 32 : Positionnement du plateau de l'implant de Baerveldt

à 10mm du limbe, glissé sous les muscles droit supérieur et droit latéral.<sup>(99)</sup>

# CONCLUSION

Le glaucome constitue la troisième cause de cécité dans le monde.

La trabéculéctomie demeure la technique de référence dans la prise en charge chirurgicale du glaucome.

Chez l'enfant, la technique chirurgicale est peu différente de celle de l'adulte, mais les chances de réussite sont inférieures, essentiellement en raison d'une cicatrisation sous-conjonctivale excessive, d'où l'indication de l'utilisation des antimétabolites.

Nous avons mené une étude rétrospective étalée sur sept ans au CHU HASSAN II de FES, portant sur 103 yeux opérés par trabéculéctomie:

Nous avons eu un taux de réussite de 60% proche de celui des différentes séries de la littérature.

Dans notre série comme dans celles des différentes études, plusieurs complications sont survenues en per et post opératoire. Des modifications chirurgicales ont été apportées à la technique initiale décrite par Cairns afin d'obtenir une filtration efficace à long terme avec un taux de complications le plus faible possible.

# RESUMES

## RESUME

Le glaucome constitue la troisième cause de cécité au monde.

La trabéculéctomie demeure la technique de référence dans la prise en charge chirurgicale du glaucome. Cette intervention consiste à créer une valve qui permet le passage de l'humeur aqueuse sous la conjonctive et la capsule de Tenon, entraînant ainsi la formation d'une bulle de filtration.

Ses principales indications sont l'échec du traitement médical et la mauvaise observance des patients. Elle peut être indiquée en première intention notamment dans le glaucome congénital.

La surveillance post opératoire de la trabéculéctomie est indispensable pour la détection des complications précoces et la prévention des complications tardives.

Notre étude est une étude rétrospective à visée descriptive et analytique, incluant tous les cas de patients opérés par trabéculéctomie et suivis au service d'ophtalmologie du CHU Hassan II, étalée sur une durée de sept ans entre Janvier 2010 et décembre 2016. Le recueil des informations se fera sur la base d'une fiche d'exploitation comportant des paramètres pré, per et post opératoires.

Notre étude a pour objectifs :

- Analyser les différents aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs des patients opérés par trabéculéctomie.
- Décrire les variétés de la technique chirurgicale.
- Rechercher les différentes complications per et post-opératoires.
- Evaluer les résultats de la trabéculéctomie notamment les résultats fonctionnels.
- Comparer entre les résultats chirurgicaux du glaucome congénital avec ceux du glaucome chez l'adulte.
- Rechercher les différents facteurs d'échec de cette chirurgie.

## **ABSTRACT :**

Glaucoma is the third cause of blindness worldwide.

Trabeculectomy remains the standard technique in the surgical treatment of glaucoma. It creates an opening in the sclera over the anterior chamber, which allows the drainage of the aqueous humor under the conjunctiva and the Tenon's Capsule, converting thus potential subconjunctival space into a real space, the filtering bleb.

Its main indications are failure and non-compliance to medical treatment. It may also be the first-line treatment especially for congenital glaucoma.

Close postoperative monitoring of trabeculectomy is essential for the detection of early complications and the prevention of late complications.

Our research is a retrospective study with a descriptive and analytical aim, including all the cases of patients operated by trabeculectomy and followed in the Ophthalmology Department at the University Hospital Hassan II, covering a period of Seven years from January 2010 to December 2016. The data collection is based on an operating sheet with pre, per and post-operative parameters.

Our study aims to:

- Analyze the epidemiological, clinical and evolutionary aspects of patients who were operated by trabeculectomy.
- Describe the varieties of the surgical technique.
- Detect and manage per and post-operative complications.
- Evaluate the outcomes of trabeculectomy, namely the functional results.
- Identify failure factors of this surgery.

## ملخص

يعد مرض الزرق سببا رئيسا للعمى في مختلف أنحاء العالم. ولتفادي حصول ذلك يتم اللجوء إلى العلاج الجراحي عبر تقنية مرجعية هي قطع التربيق.

ويقوم هذا التدخل الجراحي على إحداث فتحة تسمح بمرور الخلط المائي تحت الملتحمة، مما يسفر عن تكون تجويف يعرف بوسادة التصفية.

ويرتبط وصول المريض إلى هذه المرحلة الجراحية بفشل العلاج الدوائي، وكذا بعدم امتثاله له؛ غير أنه يتم اللجوء إلى الجراحة مباشرة، في حال الإصابة بمرض الزرق الخلقي.

وتعتبر المراقبة، ما بعد التدخل الجراحي، ضرورية، باعتبار أنها تكشف عن المضاعفات المبكرة، وتسعى إلى الوقاية من المضاعفات المتأخرة.

إن الدراسة التي أنجزناها ذات طبيعة استرجاعية، وبتوجهين: وصفي وتحليلي. إذ تشمل جميع المرضى الذين أجريت لهم عمليات جراحية لقطع التربيق، وتمت متابعة حالاتهم في قسم طب العيون بالمستشفى الجامعي الحسن الثاني بفاس، وذلك على امتداد سبع سنوات، من يناير 2010 إلى دجنبر 2016.

واستندت الدراسة إلى مجموع المعلومات المسجلة في الجذادة الخاصة بكل حالة، قبل العملية الجراحية وبعدها، فضلا عن الملاحظات المواقبة.

وتتوخى الدراسة الوصول إلى الأهداف التالية:

- تحليل مختلف المظاهر الوبائية والسريرية والتطورية للمرضى الذين خضعوا لعملية قطع التربيق،
- وصف جميع معطيات عملية قطع التربيق،
- رصد المضاعفات الناتجة عن العملية الجراحية،
- تقييم نتائج عملية قطع التربيق، خاصة النتائج الوظيفية،
- الوقوف عند مختلف عوامل فشل هذه الجراحة.

# REFERENCES

- [1] Cairns J.E. Trabeculectomy : preliminary report of a new method. Am J Ophthalmol, 1968; 66, 673–679.
- [2] Jampel HD, Musch DC, Gillespie BW, et al. Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study Group., Perioperative Complications of Trabeculectomy in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS) , Am J Ophthalmol. 2005 Jul; 140(1):16–22.
- [3] Raspiller A. Anatomie de l'angle irido-cornéen. Nouvelles leçons d'anatomie et de physiologie ophtalmologiques, n°07.
- [4] Lezrek M. Anatomie de l'angle irido-cornéen. Ophtazone, 2010 ; 5.
- [5] Mouillon M, Bru MM. Anatomie de l'angle iridocornéen. Encycl Méd Chir, Ophtalmologie, 21-003-C-10, 2000, 10 p.
- [6] Romanet JP et Noel C. Humeur aqueuse et pression intraoculaire. Encycl Méd Chir, Ophtalmologie, 21-020-D-10, 1998, 8 p.
- [7] Henkind P, Leitman M, Weitzman E. The diurnal curve in man : new observations. Invest Ophthalmol Vis Sci 1973 ; 12 : 705–707.
- [8] Béchetoille A. Les glaucomes. Volume 1. Japperenard, Angers: 1997.
- [9] François J. La prédisposition génétique au glaucome. J Fr Ophtalmol, 1980; 3, 429–449.
- [10] P. Denis, JP. Renard, E. Sellem, Glaucome. Société française d'ophtalmologie, Elsevier Masson 2010.
- [11] VILLAIN M A. Epidémiologie du glaucome, J fr ophtalmol, 2005, hors série, 2 ; 2S9–2S120.
- [12] Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. Br J Ophthalmol, 1996; 80: 389–93.
- [13] Katz J, Sommer A. Risk factors for primary open-angle glaucoma. Am J Prev Med, 1988; 4: 110–4.

- [14] Siegner SW, Netland PA. Optic disc hemorrhages and progression of glaucoma. *Ophthalmology*, 1996; 103: 1014–24.
- [15] Shaffer RN. *Stereoscopic manual of gonioscopy*. St. Louis, Mosby, 1992.
- [16] Ian Murdoch, Prise en charge postopératoire de la trabéculéctomie durant les trois premiers mois, *RSOC Vol. 11 No. 13 2014* pp 20 – 21.
- [17] Wells AP, Bunce C, Khaw PT. Flap and suture manipulation after trabeculectomy with adjustable sutures: titration of flow and IOP in guarded filtration surgery. *J.Glaucoma*, 2004; 13:400–6.
- [18] H. Cohn, les points clés de la chirurgie : la trabéculéctomie. *J. Fr. Ophtalmol.*, 2007 ; 30,5 .
- [19] Alwitry A, Patel V, King AW. Fornix vs limbal-based trabeculectomy with mitomycin C *Eye*, 2005 ;19 :631–6.
- [20] Shingleton BJ, Chaudhry IM, O'Donoghue MW et al. Phacotrabeculectomy: limbus based versus fornix based conjunctival flaps in fellow eyes. *Ophthalmology*, 1999; 106: 1152–5.
- [21] Wells AP, Cordeiro MF, Bruce C et al. Cystic bleb formation and related complications in limbus- versus fornix- based conjunctival flaps in pediatric and young adult trabeculectomy with mitomycin C. *Ophthalmology*, 2003; 110: 2192–7.
- [22] Mora J.S., Fraco. Trabeculectomy with intra-operative sponge 5 fluorouracil. *Ophthalmology*, 1996; 103,963–970.
- [23] Harmard P. Traitement chirurgical du glaucome à angle ouvert. *EMC - ophtalmologie*, 2016;13(1): 1–8.
- [24] R. K BANSAL, D.S CASPER and J.C TSAI, Intraoperative Complications of Trabeculectomy, *glaucoma (second edition), Volume 2*, 2015 p: 191–804

- [25] Weiss JS, Ritch R. Glaucoma in the phakomatoses. In: Ritch R, Shields MB, Krupin T, editors. Glaucomas. St Louis: Mosby; 1996. p. 899–924.
- [26] E.A. KIM, S.K. LAW, A.L. COLEMAN, et al. Long-Term Bleb-Related Infections After Trabeculectomy: Incidence, Risk Factors, and Influence of Bleb Revision, , Am J Ophthalmol. 2015 Jun;159(6):1082–91.
- [27] Yamamoto T, Kuwayama Y. Collaborative Bleb-related Infection Incidence and Treatment Study Group. Interim clinical outcomes in the collaborative bleb-related infection incidence and treatment study. Ophthalmology 2011;118(3):453–458.
- [28] Jampel HD, Quigley HA, Kerrigan-Baumrind LA, et al. Risk factors for late-onset infection following glaucoma filtration surgery. Arch Ophthalmol 2001;119(7):1001–1008.
- [29] Demailly P.H., Gruber D., Kretz G. Trabéculéctomies et trabéculorétractions dans le traitement du glaucome chronique à angle ouvert. Résultats tonométriques à long terme. J Fr Ophtalmol, 1989; 12, 8–9,535–542.
- [30] Kirwan JF, Lockwood AJ, Shah P, et al. Trabeculectomy in the 21st century: a multicenter analysis. Ophthalmology. 2013; 120(12):2532–2539.
- [31] Binibrahim IH, Bergström AK. The role of trabeculectomy in enhancing glaucoma patient's quality of life. Oman J Ophthalmol 2017;10:150–4.
- [32] M. Dieng, Am Wane, Ea Ba, et al. Évolution du champ visuel après trabéculéctomie dans le glaucome primitif à angle ouvert: résultats préliminaires, J Fr Ophtalmol, 2009 ; 32 (7) :474–480.
- [33] A. Lam, C-M. Seck, A. Borzeix, et al. La trabéculéctomie chez le noir africain dans le glaucome primitif à angle ouvert, J Fr Ophtalmol, 2000; 23: 563–568.
- [34] Ibrahima DEME, évaluation des résultats précoces de la trabéculéctomie A l'Institut d'Ophtalmologie Tropicale d'Afrique (IOTA), thèse, 2010, FMPOS ,Bamako.

- [35] Bonomi L, Marchini G, Marraffa M, et al. Vascular risk factors for primary open angle glaucoma: the Egna-Neumarkt Study. *Ophthalmology*, 2000;107:1287-93.
- [36] Mitchell P, Lee AJ, Rochtchina E, et al. Open-angle glaucoma and systemic hypertension: the Blue Mountains Eye Study. *J Glaucoma*, 2004;13:319-26.
- [37] Mitchell P, Smith W, Chey T, et al. Open-angle glaucoma and diabetes: the Blue Mountains eye study, Australia. *Ophthalmology*, 1997;104:712-8.
- [38] Edmunds B, Thompson JR, Salmon JF, et al. The National Survey of Trabeculectomy. Variations in operative technique and outcome. *Eye (Lond)*. 2001 Aug;15(Pt 4):441-8.
- [39] C.E. Parc, D.H. Johnson, J.E. Oliver, et al. The Long-term Outcome of Glaucoma Filtration Surgery, *Am J Ophthalmol* 2001; 132:27-35.
- [40] D. Gruber. Résultats tonométriques à moyen terme de la trabéculéctomie selon P. Khaw. *J Fr. Ophtalmol.*, 2008; 31, 1, 17-22.
- [41] Alwitry A, Patel V, King AW. Fornix vs limbal-based trabeculectomy with mitomycin C *Eye*, 2005 ; 19 : 631-6.
- [42] Wells AP, Cordeiro MF, Bunce C, et al. Cystic bleb formation and related complications in limbus- versus fornix-based conjunctival flaps in pediatric and young adult trabeculectomy with mitomycine C. *Ophthalmology*, 2003 ; 110 : 2192-7.
- [43] Balo K.P., Adjiovon K., Bechetoille A. Evolution tonométrique après trabéculéctomie. A propos de 105 cas observés au CHE de Lomé. *J Fr Ophtalmo*,1997;20:339-44.
- [44] Sharma A, Das H, Adhikari S, et al. A randomised clinical trial comparing the outcome of trabeculectomy using triangular versus rectangular scleral flaps, *Nepal J Ophthalmol*. 2009; 1(1):20-4.

- [45] N.Mamalis, S.Lohner, A.N. Rand, et al. Combined phacoemulsification, intraocular lens implantation, and trabeculectomy, *J Cataract Refract Surg.* 1996 May;22(4):467–73.
- [46] J.Gaskin; S. Sandhu; M. J Walland, Victorian trabeculectomy audit, *Clin Exp Ophthalmol.* 2017 Sep;45(7):695–700.
- [47] Noben, K.J., Linsen, M.C., Zeyen, T.G. - Is combined phacoemulsification and trabeculectomy as effective as trabeculectomy alone? *Bull Soc belge Ophtalmol* 1998; 270: 85–90.
- [48] Husain R, Liang S, Foster PJ, et al. Cataract surgery after trabeculectomy: the effect on trabeculectomy function. *Archives of ophthalmology.* 2012;130(2):165–170.
- [49] Siriwardena D, Kotecha A, Minassian D, et al. Anterior chamber flare after trabeculectomy and after phacoemulsification. *Br J Ophthalmol.* 2000 Sep;84(9):1056–7.
- [50] Shigeeda T, Tomidokoro A, Chen Y, et al. Long-term follow-up of initial trabeculectomy with mitomycin C for primary open-angle glaucoma in Japanese patients. *J Glaucoma* 2006;15:195–9.
- [51] Shigeeda T, Tomidokoro A, Chen Y, et al. Long-term follow-up of initial trabeculectomy with mitomycin C for primary open-angle glaucoma in Japanese patients. *J Glaucoma* 2006;15:195–9.
- [52] Landers J, Martin K, Sarkies N, et al. A twenty-year follow-up study of trabeculectomy: risk factors and outcomes. *Ophthalmology* 2011;119:694–702.
- [53] Nordmann JP. Comment s'assurer de la stabilité d'un glaucome ? Le champ visuel. *J Fr Ophtalmol* 2006; 29 cahier 2 : 2S22—2S26.

- [54] Jampel HD, Musch DC, Gillespie BW, et al. Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study Group. Perioperative Complications of Trabeculectomy in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS) , Am J Ophthalmol. 2005 Jul; 140(1):16–22.
- [55] J.-M. Baumgartner, C.E. Ngondi, J. Bovet, et al. Filtering surgery in glaucoma: Comparative study of three surgical approaches. J Fr Ophthalmol. 2012 Nov;35(9):705–15.
- [56] AGIS (Advanced Glaucoma Intervention Study) Investigators. Risk of cataract formation after trabeculectomy. Arch Ophthalmol. 2001 Dec;119(12):1771–9.
- [57] R-L FELLMAN and D. GROVER ; Glaucoma (2) 2015:749–780.
- [58] Béchet A. Les glaucomes (2), JAPPERENARD, Angers 2000.
- [59] Pissela P. Lala E, Parier V, et al. Retentissement conjonctival des conservateurs : étude comparative des collyres bétabloquants conservés et non conservés chez des patients glaucomateux. J Fr.ophtalmolo 2003; 26 : 675 679.
- [60] A. Aziz, O. Fakhoury, F. Matonti, et al. Épidémiologie et caractéristiques cliniques du glaucome congénital primitif, J Fr. d'ophtalmol (2015) 38, 960—966.
- [61] S.Tchabi, I.Sounouvou, L.Yehouessi, et al. Le Glaucome Congénital Au Cnhu De Cotonou : A propos de 27 cas, Mali Medical 2007 Tome XXII N°4.
- [62] H. Jayaram, R. Scawn, F. Pooley, et al. Long-Term Outcomes of Trabeculectomy Augmented with Mitomycin C Undertaken within the First 2 Years of Life. Ophthalmology 2015 ; 1–7.
- [63] A.K. Mandal, D.S. Walton, T.John, et al. Mitomycin C ... augmented Trabeculectomy in Refractory Congenital Glaucoma, Ophthalmology 1997; 104:996–1003.
- [64] Lahbil. D, Hamdani. M, Rais. L et al. La trabéculectomie modifiée dans le traitement du glaucome congénital. Journal de la SMO, 2003 ; 15–16.

- [65] Renaudin AN. Chirurgie du glaucome congénital. Thèse. Angers-France. N°12/2001.
- [66] Meyer.G, Schwenn.O, Pfeiffer.N et al. Trabeculotomy in congenital glaucoma. Graefe's Arch Clin Exp ophtalmo, 2000 ; 238 : 2007-2013.
- [67] P.A. Sidoti, S.J. Belmonte, J.M. Liebmann, et al. Trabeculectomy with Mitomycin-C in the treatment of pediatric glaucomas, Ophthalmology 2000;107:422-429.
- [68] Nacef L, Daghfous F, Marrakchi , et al. Le glaucome congénital en Tunisie: profil épidémiologique, aspect Clinique et résultats thérapeutiques. Ophtalmologie 1994 ; 8 :28-32.
- [69] Bencherifa F, Serrou A, Lahlimi R et al. Les anomalies de la réfraction dans le glaucome congénital isolé : à propos de 44 cas. J Fr Ophtalmol, 2009 ; 32, 1 : 476.
- [70] Kmiha N, Kamoun B, Trigui A et al. Mitomycine C de première intention dans le glaucome congénital primitif. J Fr Ophtalmol, 2002 ; 25, 5 : 61.
- [71] Burke JP, Bowell R. Primary trabeculectomy in congenital glaucoma. Br J Ophthalmol 1989; 73:186-90.
- [72] Fulcher T, Chan J, Lanigan B, et al. Long-term follow up of primary trabeculectomy for infantile glaucoma. Br J Ophthalmol 1996;80:499-502.
- [73] Giampani J, Borges-Giampani, Carani, et al. Efficacy and safety of trabeculectomy with mitomycin C for childhood glaucoma: a study of results with long-term follow-up. Clinics (Sao Paulo) 2008;63:421-6.
- [74] G. Bouyahya, D. Hartani. L'apport de la mitomycine dans le glaucome congénital, J. Fr. Ophtalmol. Communication affichées 114e Congrès de la Société Française d'Ophtalmologie.
- [75] T. Ouazzani, Benharbit M, Lachkar R, et al. La trabéculectomie avec mitomycine C dans le glaucome congénital : à propos de 55 yeux, communications affichées, 111e Congrès de la Société Française d'Ophtalmologie Vol. 28, Hors Série 1, 2005.

- [76] Rodrigues AM, Junior AP, Montezano FT, et al. Comparison between results of trabeculectomy in primary congenital glaucoma with and without the use of mitomycin C. *J Glaucoma*. 2004 Jun;13(3):228–32.
- [77] Tourame B, Ben Younes N, Guigou S et al. Glaucome congénital : devenir visuel et pressionnel. Résultats d'une étude sur 11 ans. *J Fr Ophtalmol*, 2009 ; 32 : 335–340.
- [78] MC Pherson SD Jr, McFarland D. External trabeculotomy for developmental glaucoma. *Ophthalmology*. 1980;87:302–305.
- [79] Boni S., Gbe K., Kouassi L.J., et al. chirurgie du glaucome congenital : notre experience au service d'ophtalmologie du chu de treichville – abidjan, *Rev. Col. Odonto–Stomatol. Afr. Chir. Maxillo–fac.*, 201, (18) :50–54.
- [80] X. Zhang, S. Du, Q. Fan, et al. Long-term surgical outcomes of primary congenital glaucoma in Chi; *CLINICS* 2009;64(6):543–51.
- [81] RA Mahdy, SM Al–Mosallamy, MA Al–Aswad, et al. Evaluation the adjunctive use of combined bevacizumab and mitomycine C to trabeculectomy in management of recurrent pediatric glaucoma; *Eye* (2016) 30, 53–58.
- [82] T.C. Chen, P.P. Chen, Brian A. et al. Pediatric Glaucoma Surgery, *Ophthalmology* 2014;121:2107–2115.
- [83] Rouland J.F. Le pronostic fonctionnel des glaucomes congénitaux est–il si sombre ? *J. Fr. Ophtalmol.*, 1999 ; 5 : 591–592.
- [84] Doucet C, Laumonier E, Bouckehove S, et al. Pronostic fonctionnel et devenir scolaire des glaucomes congénitaux: étude retrospective sur 20 ans; 111e congrès de la société française d'ophtalmologie, (28), hors série, 2005.
- [85] Al–Hazmi A, Awad A, Zwaan J et al. Correlation between surgical success rate and severity of congenital glaucoma. *Br J Ophthalmol*, 2005 ; 89 : 449–453.

- [86] Rulli E, Biagioli E, Gambirasio G, et al. Efficacy and safety of trabeculectomy vs nonpenetrating surgical procedures : a systematic review and meta-analysis. *Jama Ophthalmol* 2013;131:1573-82.
- [87] Harmard P, Lachkar Y. La chirurgie filtrante non perforante: Evolution du concept, realization, résultats. *J Fr Ophtalmol* 2002 ;25 :527-36.
- [88] Mermoud A, Schnyder CC. nonpenetrating filtering surgery in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2000;11:151-7
- [89] Roy S, Mermoud A. La sclérectomie profonde non perforante: aspects techniques. *J Fr Ophtalmol* 2006 ;29 :1160-6
- [90] Cheng JW, Ma XY, Wei RL. Efficacy of non- penetrating trabecular surgery for open angle glaucoma - a meta- analysis. *Chin Med J (Engl)*. 2004; 117: 1006-10.
- [91] Cillino S, Di Pace F, Casuccio A, et al. Deep sclerectomy versus trabeculectomy with low- dosage mitomycin C - four- year follow- up. *Ophthalmologica*. 2008 ; 222 : 81-7.
- [92] El Sayyad F, Helal M, El- Kholify H, et al. Non penetrating deep sclerectomy versus trabeculectomy in bilateral primary open- angle glaucoma. *ophthalmology*. 2000 ; 107: 1671-4.
- [93] Ke M, Guo J, Qian Z. Meta analysis of non- penetrating trabecular surgery versus trabeculectomy for the treatment of open angle glaucoma. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*. 2011 ; 31 : 264-70.
- [94] Luo RJ, Zhuo YH, Liu SR, et al. Long- term effects of non- penetrating trabecular surgery versus trabeculectomy for treating glaucoma. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2010 ; 46 : 499-502.
- [95] Mermoud A, Schnyder CC, Sickenberg M, et al. Comparison of deep sclerectomy with collagen implant and trabeculectomy in open- angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 1999 Mar;25(3):323-31.

- [96] Gilmour DF, Manners TD, Devonport H, et al. Visco canalostomy versus trabeculectomy for primary open angle glaucoma : 4-year prospective randomized clinical trial. *Eye* 2009 ; 23 :1802-7
- [97] Grieshaber MC, Pienaar A, Olivier J, et al. Canaloplasty for primary open glaucoma : long term outcome. *Br J ophthalmol* 2010;94:1478-82
- [98] Gedde SJ, Panarelli JF, Banitt MR, et al. Evidenced based comparison of aqueous shunts. *Curr Opin Ophthalmol* 2013;24:87-95.
- [99] P. Hamard. Traitement chirurgical du glaucome à angle ouvert. *EMC ophtalmologie* 2016; 13(1) : 1-8.
- [100] AL-Hazmi A, Zwaan J, Awad A, et al, Effectiveness and complications of use during pediatric glaucoma surgery *ophthalmology* 1998; 105, 10, 1915- 1920.
- [101] De Jong L, Lafuma A, Aguadé AS, Berdeaux G. Five-year extension of a clinical trial comparing the Ex-PRESS glaucoma filtration device and trabeculectomy in primary open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol*. 2011 ; 5 : 527-33.