

## I Revues générales

# Chirurgies mini-invasives du glaucome : le début d'une nouvelle ère

**RÉSUMÉ :** La chirurgie du glaucome a connu peu d'innovations jusqu'à l'arrivée récente des techniques micro-invasives. Elles utilisent des voies d'abord réduites et sont économes en tissu. Les baisses pressionnelles sont effectives même si elles varient selon les dispositifs. Les complications semblent rares et peu graves rendant les suites et suivis simples.

Les résultats sur le long terme sont à évaluer et permettront de trouver le bon positionnement des MIGS dans l'arsenal thérapeutique du glaucome.



**A. GRISE-DULAC**  
Fondation Adolphe de Rothschild, PARIS.

Le traitement médical du glaucome est actuellement la solution thérapeutique la plus employée. Celle-ci est très souvent efficace chez les patients observants et tolérants. Malheureusement, l'observance n'est pas toujours réelle (seulement 10 % des patients renouvelleraient l'utilisation de leur prescription en continu sur 1 an) [1] et elle diminue avec le nombre de traitements [2]. La tolérance locale des collyres diminue elle aussi avec le nombre et la durée des traitements réduisant encore l'observance. En cas d'échec, la chirurgie devient le seul recours.

La trabéculéctomie (Cairns, 1967) et la sclérectomie profonde non perforante (Zimmerman, 1974) demeurent les techniques de référence. Elles permettent de faire baisser la PIO de façon efficace après une phase d'apprentissage chirurgicale longue et fastidieuse avec des effets secondaires potentiellement dangereux pour le patient (hypotonie, décollement choroïdien, perte du point de fixation...). Enfin, la gestion des suites opératoires peut être délicate (*needling*, gestion des points...) et elle est souvent chronophage... Depuis quelques années ont émergé de nouvelles techniques

mini-invasives, dites MIGS (*minimally invasive glaucoma surgery*). Bien qu'il n'y ait pas de définition stricte des MIGS, toutes les techniques partagent les points communs suivants :

- voie d'abord réduite ;
- dissection tissulaire minimale (sclérale et conjonctivale) ;
- geste opératoire et instrumentation simple ;
- temps opératoire court ;
- suites opératoires simples.

L'objectif étant de rendre la procédure chirurgicale et les suites plus simples et plus sûres tout en atteignant des niveaux de PIO abaissés. L'essor des MIGS ces dernières années est important et grandissant, ces techniques permettant de réduire voire de supprimer les traitements médicamenteux, engendrant des économies importantes pour les organismes de santé. Les dispositifs peuvent être classés selon la voie d'augmentation de l'excrétion de l'humeur aqueuse :

- *via* le filtre trabéculaire ;
- *via* l'espace supra-choroïdien ;
- *via* l'espace sous-conjonctival.

Enfin, 2 voies d'abord chirurgicales sont possibles : les voies d'abord

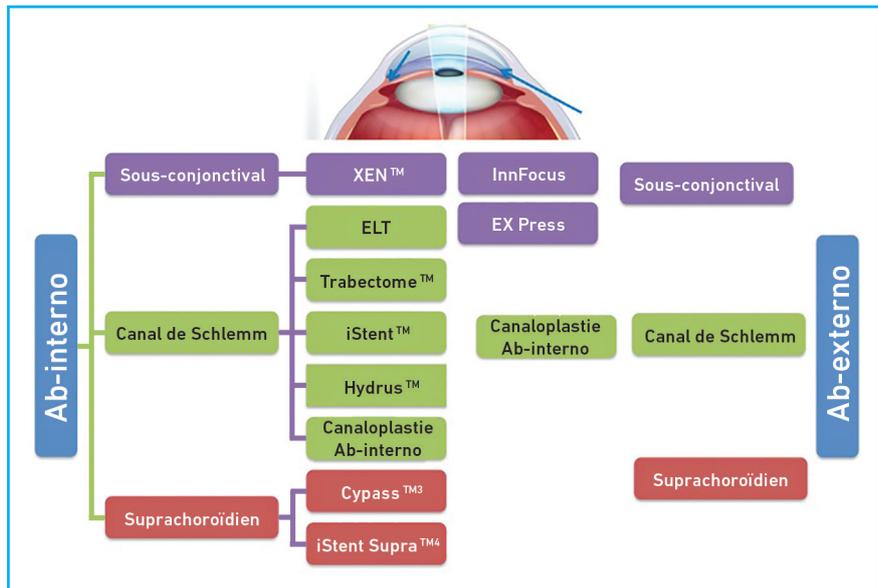
internes *via* la chambre antérieure dites *ab-interno* et les voies d'abord externes *via* la sclère dites *ab-externo*. De façon conceptuellement stricte, ne devraient être qualifiées de MIGS que les techniques utilisant une voie d'abord *ab-interno*, puisque ne modifiant pas la sclère et l'intégrité du globe oculaire (**fig. 1 et 2**).

■ **Les voies *ab-externo***

Elles utilisent en général la technique de trabéctulectomie perforante à laquelle s'ajoute un dispositif médical.

**1. Drain Ex-Press**

L'Ex-press est un drain en acier de 0,4 mm de diamètre x 3 mm de long inséré sous le volet scléral à 0,5 mm en arrière du limbe après perforation de la sclère vers la chambre antérieure avec une aiguille 25 gauges. Il maintient la filtration sous-conjonctivale constante et évite les risques de fibrose du volet scléral. L'avantage est le diamètre programmé et constant de la sclérotomie (50 microns). Les études rétrospectives comparant trabéctulectomie seule à la trabéctulectomie + Ex-Press montrent des résultats pressionnels similaires mais avec des complications postopératoires moins importantes et fréquentes (hypotonie, hyphéma...) [3] (**fig. 3**).

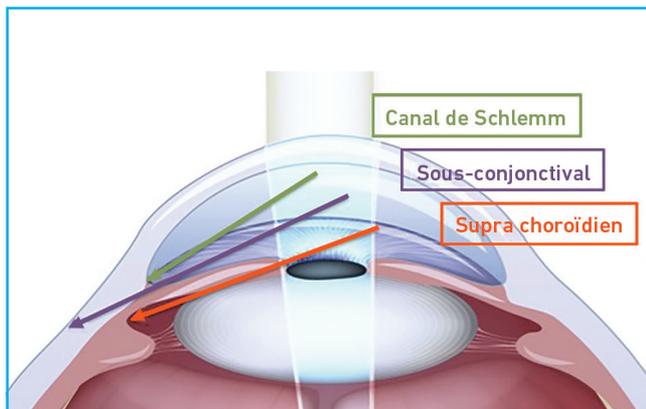


**Fig. 1 :** Classifications des techniques de chirurgie mini-invasives selon la voie d'abord et les voies d'excrétion de l'humeur aqueuse.

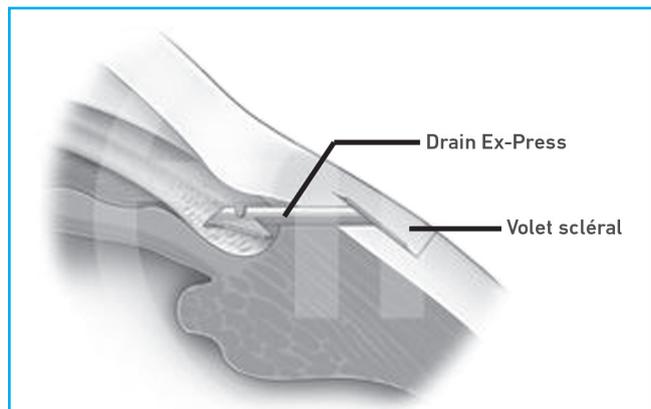
**2. Drain InnFocus**

Le drain InnFocus est un drain en polymère souple que l'on insère par voie externe à travers la sclère, à 3 mm en arrière du limbe, vers la chambre antérieure, après avoir fait un trajet de perforation avec une aiguille 25 gauges. Il épouse la courbure du globe et permet une circulation directe de l'humeur aqueuse de la chambre antérieure à l'espace sous-conjonctival. La lumière du drain est de 70 microns, longueur 8,5 mm avec une partie élargie au

milieu de la longueur afin de faire bloquer tout déplacement. Le polymère biocompatible le composant a pour rôle de limiter la fibrose conjonctivale et l'encapsulation du drain. Une injection sous-conjonctivale de mitomycine peut être associée. Le drain InnFocus a été désigné pour maintenir un niveau de PIO bas en dessous de 15 mmHg. Dans la plus large étude réalisée, 3 ans après la procédure, la PIO moyenne était de 10,7 +/- 3,5 mmHg et 80 % des patients avaient une PIO < 14 mmHg. Le nombre de traitements hypnotisants passait de



**Fig. 2 :** Les 3 voies d'augmentation de l'excrétion de l'humeur aqueuse.



**Fig. 3 :** Schéma du drain Ex-Press.

## Revue générale

2,6 +/- 0,9 à 0,8 +/- 1,2. Les complications étaient rares et transitoires (hypotonie 13 %, décollement choroïdien 8,7 %... [4] (**fig. 4**).

### 3. Canaloplastie *ab-externo*

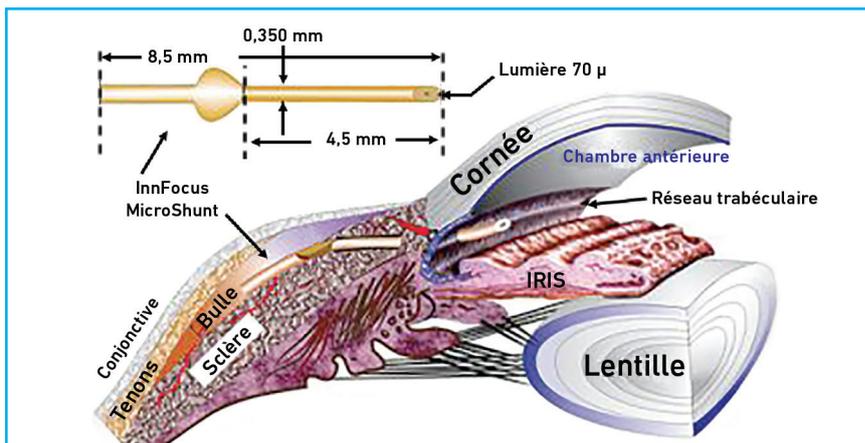
La canaloplastie *ab-externo* est une chirurgie non perforante dont l'objectif est d'augmenter l'excrétion du canal de Schlemm et des canaux excréteurs. La voie d'abord est celle d'une trabéculéctomie avec réalisation d'un volet conjonctival et d'un volet scléral à laquelle s'ajoute la dilatation du canal de Schlemm par l'introduction d'un cathéter souple de 250 microns de diamètre sur 360 degrés avec injection d'une substance viscoélastique. Le tout est guidé par une source laser émettant de façon intermittente pour suivre l'avancée de l'extrémité distale du cathéter. Après retrait du cathéter, le volet scléral est soigneusement suturé pour éviter toute filtration directe sous la conjonctive. Peu d'études analysent l'efficacité de cette technique mais celle-ci semble comparable à celle d'une sclérectomie non perforante. L'inconvénient de cette technique est le risque de perforation de la membrane trabéculodescemétique lors de la procédure [5].

### Les voies *ab-interno*

Ces dernières correspondent en revanche aux critères de micro-invasivité en respectant les 2 éléments clés : abord par micro-incision cornéenne et respect de la conjonctive et de la sclère.

#### 1. iStent

L'objectif de l'iStent est d'augmenter l'évacuation de l'humeur aqueuse directement de la chambre antérieure vers le canal de Schlemm en contournant le réseau trabéculaire. L'iStent est un implant en forme de L de 1 mm de long et 0,33 mm de haut, en titane et enduit d'héparine avec 3 arcs de

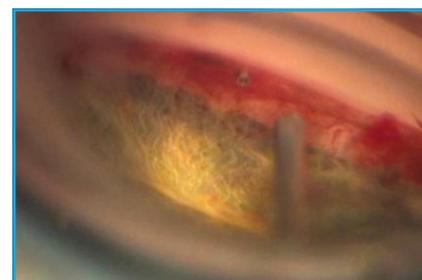


**Fig. 4 :** Schéma du drain InnFocus.

rétenion assurant sa stabilité dans le canal de Schlemm. Il est pré-chargé dans un injecteur rentrant par une incision de 2,2 mm. L'implantation se fait sous anesthésie topique et nécessite une rotation du microscope et de la tête du patient pour une bonne visualisation du canal de Schlemm et l'insertion du *stent* selon une angulation de 15°. L'iStent a obtenu l'agrément FDA 2012 et les indications reconnues par l'HAS 2013 sont "chirurgie combinée de la cataracte et du glaucome (glaucome primitif à angle ouvert, glaucome secondaire pigmentaire ou glaucome secondaire pseudoexfoliatif) de stade léger à modéré chez des patients mal équilibrés par les traitements médicamenteux hypotonisants ou y étant intolérants". La baisse pressionnelle avec un seul *stent* [6] est d'en moyenne de 16,33 % (19,42 +/- 1,89 mmHg - 16,26 +/- 4,23 mmHg, *follow up* 54 mois) avec réduction du nombre de traitement de 1,32 +/- 0,48 à 0,84 +/- 0,89 42 % de patients sans aucun traitement postopératoire. L'implantation de 2 *stents* permet de réduire plus significativement la PIO [7]. La chirurgie combinée augmente aussi la baisse pressionnelle [8]. Les effets secondaires sont peu nombreux en dehors de possibles saignements en chambre antérieure spontanément résolutifs (**fig 5 et 6**).



**Fig. 5 :** Procédure chirurgicale d'implantation d'iStent avec positionnement du microscope et de la tête du patient.



**Fig. 6 :** Implant iStent en place dans le canal de Schlemm.

## POINTS FORTS

- Révolution dans le traitement chirurgical du glaucome.
- Voies d'abord réduites en passant par voie *ab-interno*.
- Temps opératoire réduit.
- Complications rares et peu graves.
- Suites et suivis simples.
- Baisse pressionnelles variables selon les dispositifs.
- Résultats à évaluer sur le long terme.
- Positionnement des MIGS à l'avenir.

### 2. Cy Pass

L'implant CyPass crée un chenal pour l'excrétion de l'humeur aqueuse depuis la chambre antérieure vers l'espace supra-choroïdien. Il s'agit d'un implant en polymère biocompatible, inséré par voie *ab-interno* de la chambre antérieure vers l'espace supraciliaire, à la suite de la phacoémulsification. Ses dimensions sont 6,35 mm en longueur, 510 microns de diamètre total avec une lumière de 300 microns. Il est fenêtré de multiples orifices. Une baisse pressionnelle supérieure à 20 % a été retrouvée chez 72,5 % des yeux implantés *versus* 58,0 % avec chirurgie de la cataracte seule, avec une baisse de 2 points en moyenne de plus (7,0 mmHg vs 5,3 mmHg) [9] (**fig. 7**).

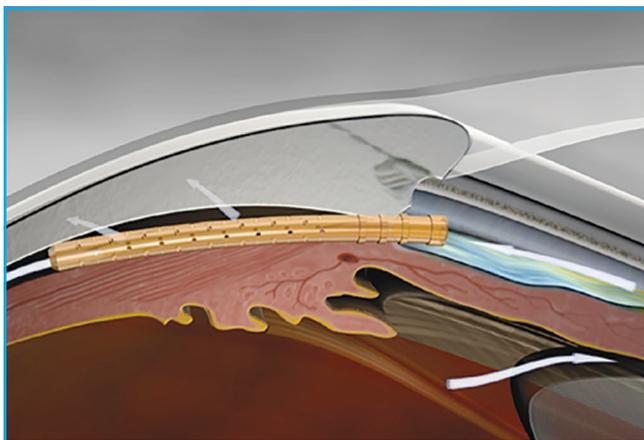


Fig. 7 : Schéma d'implant Cypass implanté dans l'espace supra choroïdien.

### 3. Trabectome

La technique chirurgicale du trabectome nécessite une bonne visualisation de l'angle iridocornéen obtenue par un positionnement du chirurgien et de la tête du patient avec une rotation de 30° de chacun d'entre eux en directions opposées, et l'utilisation d'un gonioprisme. Le trabectome est introduit dans la chambre antérieure par une incision cornéenne de 1,8 mm et son extrémité est insérée dans le canal de Schlemm en traversant le filtre trabéculaire. Elle contient des électrodes qui vont cautériser le trabéculum visé et les tissus juxta-canaliculaires. Une irrigation/aspiration simultanée enlève les débris et maintient la chambre antérieure

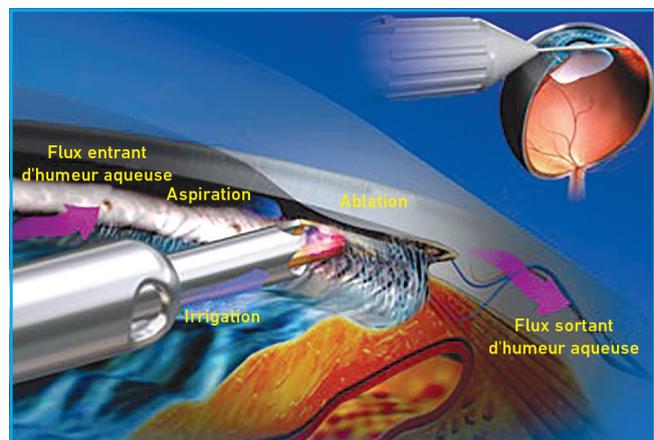


Fig. 8 : Schéma de chirurgie par trabectome cauthérisant la membrane trabéculaire.

rière stable. La procédure est réalisée sur 360 degrés. Le trabectome est indiqué pour le traitement des glaucomes chroniques à angle ouvert. La baisse pressionnelle est en moyenne de 23,0 % à 2 ans. Les complications sont rares et peu sévères. La plus fréquente est un pic hypertensif pendant les premiers jours (4,9 %) [10] (**fig. 8**).

### 4. SOLX Gold Shunt

Le *shunt* SOLX est un implant en or biocompatible qui permet de faire la PIO sans la création d'une bulle de filtration. La procédure nécessite la création d'un volet scléral pour exposer l'espace supraciliaire dans lequel est inséré l'implant dont l'extrémité antérieure pénètre dans la chambre antérieure. Il mesure 68 microns de long et est parcouru de nombreux petits canaux. Il est utilisé au Canada et dans quelques pays européens. Une seule étude est publiée. Les résultats pressionnels semblent corrects mais les complications postopératoires importantes également.

### 5. Hydrus

L'Hydrus est un *stent* en nitinol (un alliage de nickel et de titane) élastique biocompatible qui est inséré dans le canal de Schlemm par voie interne. Il mesure 8 mm de long et est fenêtré. Il augmente l'excrétion de l'humeur

## I Revues générales

aqueuse en dilatant le canal sur environ 90 degrés. À 2 ans, après chirurgie combinée Hydrus + phacoémulsification, la PIO sans traitement était en moyenne de  $16,9 \pm 3,3$  versus  $19,2 \pm 4,7$  mmHg après extraction du cristallin seule. 80 % des patients étaient sans traitements versus 46 % dans le groupe contrôle [11]. Les complications rapportées sont des lésions de l'iris et des hyphémas.

### 6. Canaloplastie *ab-interno*

La canaloplastie par voie *ab-interno* est une procédure micro-invasive qui restaure le flux d'excrétion naturelle de l'humeur aqueuse en dilatant le canal de Schlemm. La procédure se fait sous visualisation de l'angle par un gonioscope. On introduit un cathéter dans le canal de Schlemm qui est inséré ensuite sur 360° et qui va permettre l'injection de produit viscoélastique. Les résultats à 1 an montrent des baisses pressionnelles de 36,74 % et une réduction du nombre de traitements de 66 %. Les complications postopératoires sont rares. Les difficultés semblent plus liées à l'introduction du cathéter sur 360° [11].

### 7. XEN Gel

L'implant XEN est un tube en gélatine recouvert de glutaraldéhyde long de 6 mm et 45 nm de diamètre de lumière. Il est préchargé et est implanté par voie interne pour créer un passage de l'humeur aqueuse directement de la chambre antérieure vers l'espace sous-conjonctival. La procédure est souvent complétée d'une injection sous-conjonctivale de mitomycine C. Il se rigidifie après quelques minutes en contact avec l'humeur aqueuse lui permettant une fixation parfaite dans l'œil une fois implanté. Le diamètre de la lumière a été calculé pour maintenir, selon l'équation de Hagen-Poiseuille, une PIO stable de 6-3 mmHg dans la chambre antérieure et pour prévenir les hypotonies importantes. Les premières études montrent des baisses pressionnelles de 7 points en moyenne

( $13,1 \pm 3,6$  mmHg à 12 mois versus  $20,8 \pm 4,6$  mmHg en préopératoire ( $p < 0.001$ ) avec arrêt des traitements hypotonisants. Les complications postopératoires sont rares. Le geste le plus fréquemment nécessaire étant un *neddling* de la bulle [12] (**fig. 9,10,11**).

### ■ Conclusion

L'arrivée récente de nombreux dispositifs innovants en chirurgie micro-invasive du glaucome nous font nous interroger sur le début d'une nouvelle

ère de la chirurgie du glaucome. Les aspects techniques, chirurgicaux et postopératoires sont conformes aux attentes avec des techniques sûres, reproductibles et économes en tissu. Les résultats des premières études montrent que les baisses pressionnelles sont plus ou moins importantes selon les dispositifs mais bien efficaces [13] (**fig. 12**). L'aspect économique, semble lui aussi au rendez-vous avec une réduction du temps opératoire, des coûts d'anesthésie et des consultations et reprises postopératoires moindres. La prochaine étape sera de trouver le bon positionnement

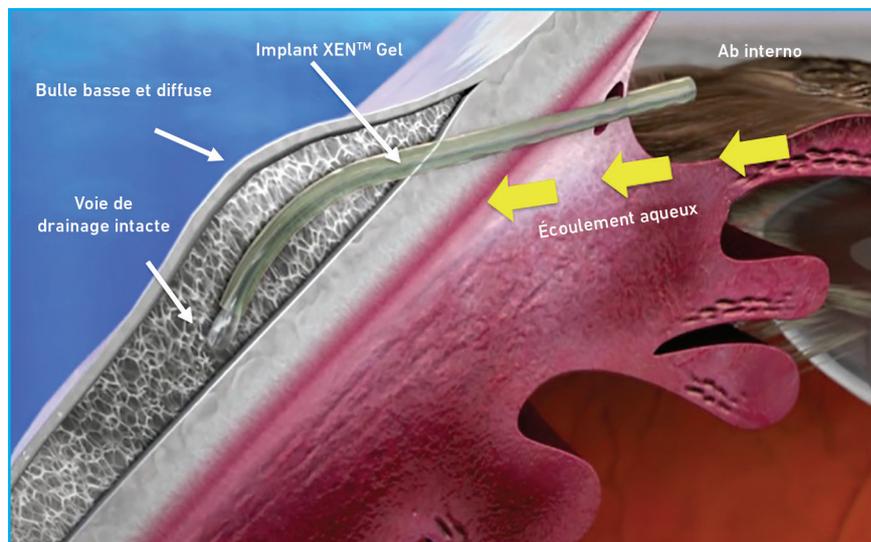


Fig. 9 : Schéma d'implant XEN Gel implanté dans l'espace sous-conjonctival.

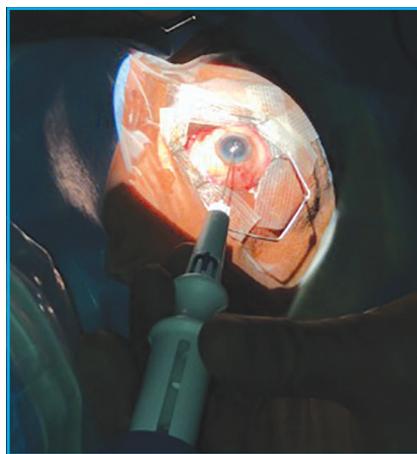


Fig. 10 : Photo d'implant XEN Gel dans la chambre antérieure, sous la conjonctive et visible en gonioscopie dans l'angle.

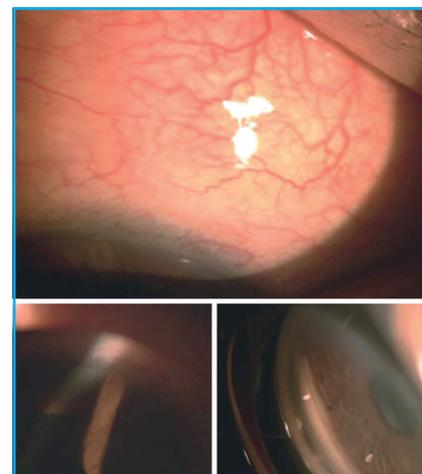


Fig. 11 : Photo peropératoire d'implantation d'un implant XEN Gel.

de ces dispositifs au sein de l'arsenal thérapeutique du glaucome. Il restera, dans tous les cas, complémentaires des chirurgies filtrantes traditionnelles car ne compromettant pas les tissus. Forte de tous ces atouts, la place des MIGS parviendra-t-elle à s'étendre? En amont en nous faisant opérer les patients plus tôt? Et en aval plus tard? L'avenir reste à écrire (fig. 13).

**BIBLIOGRAPHIE**

1. FRIEDMAN DS, QUIGLEY HA, GELB L *et al.* Using pharmacy claims data to study adherence to glaucoma medications: methodology and findings of the Glaucoma Adherence and Persistency Study (GAPS). *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007;48:5052-5057.
2. HIGGINBOTHAM EJ, HANSEN J, DAVIS EJ *et al.* Glaucoma medication persistence with a fixed combination *versus* multiple bottles. *Curr Med Res Opin*, 2009;25:2543-2547.
3. NETLAND *et al.* Randomized, prospective, comparative trial of EX-PRESS glaucoma filtration device *versus* trabeculectomy (XVT study). *Am J Ophthalmol*, 2014;157:433-440.
4. BATLLE JF, FANTES F, RISS I *et al.* Three-Year Follow-up of a Novel Aqueous Humor MicroShunt. *J Glaucoma*, 2016;25:58-65.
5. GRIESHABER MC, GRIESHABER HR, STEGMANN R. A New Expander for Schlemm Canal Surgery in Primary Open-angle Glaucoma-Interim Clinical Results. *J Glaucoma*, 2016;25:657-662.
6. CRAVEN ER, KATZ LJ, WELLS JM, GIAMPORCARO JE. iStent Study Group. Cataract surgery with trabecular micro-bypass stent implantation in patients with mild-to-moderate open-angle glaucoma and cataract: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:1339-1345. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.03.025.
7. BELOVAY GW, NAQI A, CHAN BJ *et al.* Using multiple trabecular micro-bypass stents in cataract patients to treat open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:1911-1917. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.07.017. Epub 2012 Sep 13.
8. SAMUELSON TW, KATZ LJ, WELLS JM *et al.* US iStent Study Group. Randomized evaluation of the trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with glaucoma and cataract. *Ophthalmology*, 2011;118:459-467.

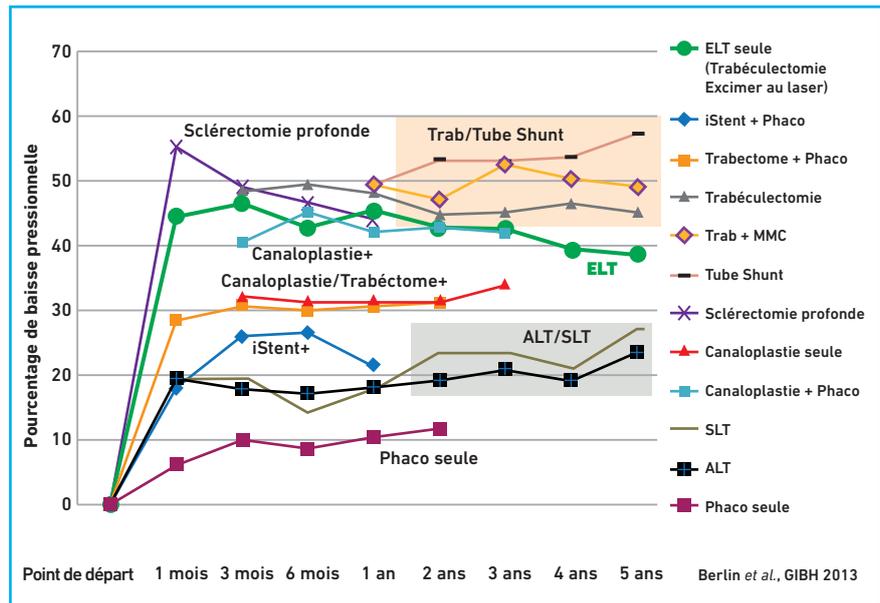


Fig. 12: Étude de Berlin: résultats de baisse pressionnelle après chirurgie filtrante et implantation de certains dispositifs MIGS.

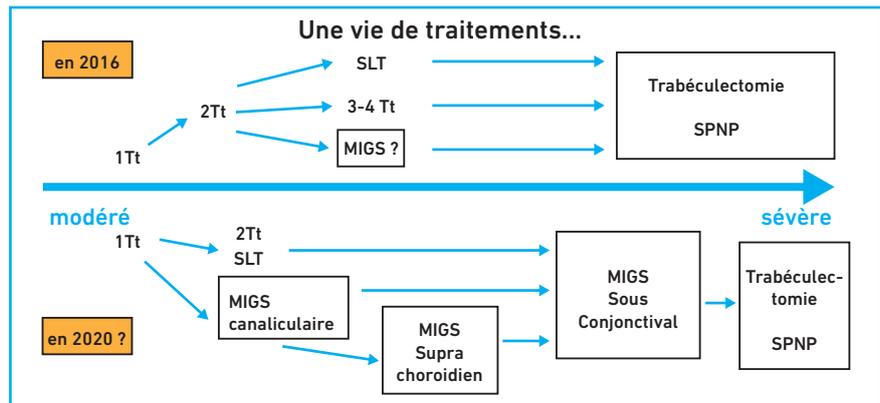


Fig. 13: Schéma de vie de traitements d'un patient glaucomeux en 2016, projection à l'avenir avec l'avènement des MIGS et positionnement des différents dispositifs.

9. VOLD S, AHMED II, CRAVEN ER *et al.* CyPass Study Group. Two-Year COMPASS Trial Results: Supraciliary Microstenting with Phacoemulsification in Patients with Open-Angle Glaucoma and Cataracts. *Ophthalmology*, 2016;123:2103-2112.
10. TAKANORI MIZOGUCHI, SHIRO NISHIGAKI, TOMOKI SATO *et al.* Clinical results of Trabectome surgery for open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol*, 2015;9:1889-1894.
11. FRANCIS BA, AKIL H, BERT BB. Ab interno Schlemm's Canal Surgery. *Dev Ophthalmol*, 2017;59:127-146. doi: 10.1159/000458492.
12. DUPONT G, COLLIGNON N. New surgical approach in primary open-angle glaucoma: xen gel stent a minimally invasive technique. *Rev Med Liege*, 2016;71:90-93.
13. Michael S. Berlin, MD, MS; Marc Toeteberg-Harms, MD; Edward Kim, BA; Iris Vuong, BS; Ulrich Giers, MD. Excimer Laser Trabeculostomy: An Effective Microinvasive Glaucoma Surgery Procedure for Open-Angle Glaucoma. AAO DEC 19, 2013.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.