

I Le dossier – L’angle iridocornéen

Angle iridocornéen et lasers

RÉSUMÉ : Les lasers (Nd:YAG, argon) ont une place importante dans la prise en charge de l’hypertonie oculaire et du glaucome, qu’il soit primitif ou secondaire, à angle ouvert ou par fermeture de l’angle. Ils impliquent cependant de bien connaître les indications de chaque traitement : trabéculoplastie, iridotomie et iridoplastie.

La maîtrise de la gonioscopie dynamique est un préalable nécessaire pour garantir le respect de ces indications. Au cours du suivi, il est indispensable de renouveler l’examen en gonioscopie dynamique car l’angle iridocornéen se modifie avec le temps.



A. MORIN, Y. LACHKAR

Institut du Glaucome, Hôpital Saint-Joseph,
Centre ophtalmologique du Trocadéro, PARIS.

Les lasers ont une place importante dans la prise en charge du glaucome, que celui-ci soit primitif à angle ouvert (GPAO) ou par fermeture de l’angle, mais aussi secondaire dans le cadre de la dispersion pigmentaire ou du glaucome exfoliatif. Nous reprendrons dans cet article les applications pratiques de la trabéculoplastie sélective, de l’iridotomie ainsi que de l’iridoplastie.

■ La trabéculoplastie sélective

La trabéculoplastie sélective au laser, aussi appelée SLT pour *Selective Laser Trabeculoplasty*, a été introduite par Latina en 1995 et validée par la *Food and Drug Administration* en 2002. L’étude initiale *in vitro* de Latina et Park a mis en évidence qu’en utilisant un laser Nd:YAG avec des impacts de très courte durée (< 1 ms), il était possible de cibler spécifiquement les cellules pigmentées trabéculaires sans léser les structures environnantes. À une longueur d’onde de 532 nm, le temps d’absorption de l’énergie par un chromophore est plus court que le temps de relaxation thermique et la mélanine ne peut donc pas restituer l’énergie sous forme de chaleur aux tissus environnants. Le faisceau YAG du laser SLT est délivré en mode pulsé et l’onde électromagnétique produite provoque une

onde de choc à l’origine de l’ionisation des atomes.

L’énergie délivrée est bien plus faible que lors d’une trabéculoplastie à l’argon (1 %), expliquant les différences constatées histologiquement après traitement. En effet, la trabéculoplastie à l’argon a un effet “mécanique” de rétraction mais aussi de destruction tissulaire au niveau des impacts du laser dans le trabéculum. La trabéculoplastie SLT, elle, n’induit que des modifications histologiques minimes.

Le laser SLT induit des réactions biologiques incluant la modification de l’expression des gènes, la sécrétion de cytokines, l’activation de métalloprotéinases de la matrice (MMP) et un remodelage du trabéculum entraînant une augmentation de l’élimination de l’humeur aqueuse. Les gènes dont l’expression est modulée par la trabéculoplastie sélective sont nombreux et sont liés – entre autres – à la contraction des cellules du trabéculum, la production de la matrice extracellulaire, la production d’espèces réactives à l’oxygène et au processus de réparation des membranes [1]. Les études *in vitro* ont mis en évidence l’expression de cytokines pro-inflammatoires après réalisation d’un laser SLT comme l’interleukine (IL) 1-alpha, l’IL1-bêta, le

I Le dossier – L’angle iridocornéen

TNF (*tumour necrosis factor*)-alpha ou l’IL8 [2]. Ces cytokines entraînent à leur tour l’expression de la stromélysine-1 (MMP-3), impliquée dans le remodelage de la matrice extracellulaire du trabéculum juxtacanaliculaire [3].

Le traitement est en général réalisé sur 360° en une ou deux séances, en appliquant environ 100 impacts. La taille du spot est invariable, de 400 µm, tout comme la durée de 3 ns. L’énergie appliquée varie de 0,3 (angles très pigmentés) à 1,2 mJ (angles peu pigmentés), le but étant d’utiliser l’énergie juste inférieure à celle permettant d’obtenir de fines bulles de “cavitation”. La baisse de la pression intraoculaire (PIO) n’est effective qu’après quelques semaines durant lesquelles le traitement hypotonisant doit être maintenu, associé à un traitement anti-inflammatoire.

La baisse de la PIO pouvant être attendue est de l’ordre de 30 % (donc équivalente à celle d’un analogue des prostaglandines [4]) et similaire à celle obtenue avec une trabéculoplastie à l’argon. Cependant, le SLT entraîne moins d’inflammation [5] et, contrairement à la trabéculoplastie à l’argon, les retraitements sont possibles. En effet, la baisse de PIO obtenue s’amenuise avec les années [6] et les études ont estimé un taux de succès réduit à 32 % à 5 ans. En cas de bonne réponse à une première trabéculoplastie, le patient peut être traité une seconde fois avec la même efficacité [7].

La trabéculoplastie sélective présente toutefois des effets indésirables parmi lesquels un pic de PIO dans les premières 24 heures chez 10 % des patients, pouvant être prévenu par la prescription d’un collyre alpha2-mimétique. Une légère réaction inflammatoire est également possible ainsi qu’un inconfort pour le patient dans les jours suivant la procédure.

La réalisation d’une trabéculoplastie implique un angle ouvert permettant de

cibler le trabéculum, c’est pourquoi elle est utilisée dans l’hypertonie oculaire (HTO) isolée, les GPAO, le glaucome exfoliatif, le glaucome pigmentaire ou le glaucome à pression normale. Dans les glaucomes à angle étroit, il est possible de proposer un SLT après iridotomie et/ou iridoplastie si le trabéculum est rendu visible en gonioscopie [8, 9]. Le SLT trouve aussi son intérêt dans les cas d’hypertonie ou de glaucome cortico-induit, avec des résultats encourageants [10, 11].

Concernant les facteurs prédictifs de bonne réponse au SLT, le facteur le plus communément admis est une PIO initiale élevée, mais cela peut être biaisé par le critère de succès choisi classiquement dans les études, qui consiste à considérer une baisse de 20 % de la PIO de départ comme un succès. Cela conduit à “favoriser” les PIO initiales élevées, les magnitudes de réduction étant plus importantes. Concernant l’intensité de la pigmentation du trabéculum, il n’y a pas de preuve d’une meilleure efficacité du SLT en cas de trabéculum très pigmenté mais cela pourrait favoriser la survenue de “pic” d’HTO après la procédure [12]. Il faudra donc être prudent avec les paramètres du laser, notamment chez les patients atteints de glaucome pigmentaire.

L’étude LiGHT, publiée en 2019 dans le *Lancet*, est un essai multicentrique contrôlé randomisé qui a comparé la trabéculoplastie au laser SLT et les collyres hypotonisants comme traitement de première ligne dans le glaucome à angle ouvert ou l’hypertonie. Cette étude a mis en évidence que la trabéculoplastie au laser SLT pouvait être proposée comme traitement de première intention avec la même efficacité clinique que les collyres hypotonisants, un coût moindre et une meilleure qualité de vie pour les patients [13]. Elle représente donc une alternative intéressante, notamment chez les patients non compliants ou intolérants aux traitements topiques. De plus, il est possible que le SLT soit plus efficace chez les patients naïfs de tout traitement : dans l’étude de McIlraith

et al., la baisse de PIO était significativement moins importante dans le groupe ayant eu un SLT après une période de *wash out* des collyres hypotonisants de 4 semaines que dans le groupe réellement naïf de tout traitement (8,1 vs 6,4 mmHg; $p < 0,001$) [4].

La trabéculoplastie au laser SLT aurait aussi un intérêt pour réduire les fluctuations de PIO au cours de la journée, désormais considérées comme un facteur de risque de progression du glaucome [14]. L’étude de Kiddee *et al.* retrouvait notamment une efficacité plus importante du SLT sur les fluctuations nocturnes que diurnes [15].

L’iridotomie périphérique au laser

L’iridotomie périphérique au laser (IPL) consiste en la réalisation d’une perforation de l’iris suffisante pour permettre l’écoulement de l’humeur aqueuse de la chambre postérieure vers la chambre antérieure dans une situation de bloc pupillaire ou de bloc pupillaire inverse.

Pour rappel, le bloc pupillaire résulte d’une résistance à l’écoulement de l’humeur aqueuse de la chambre postérieure vers la chambre antérieure lors du passage entre le cristallin et l’iris (d’autant plus lorsque le cristallin est volumineux), conduisant à la création d’un gradient de pression entre ces deux espaces et au refoulement de l’iris périphérique vers l’avant, provoquant le contact iridotrabéculaire (voire iridocornéen). Le bloc pupillaire inverse, lui, résulte d’une anatomie particulière de l’iris qui présente au contraire une concavité entraînant un contact entre la face postérieure de l’iris et les zonules, ainsi que la face antérieure du cristallin.

Avant la réalisation du laser, il est préférable d’avoir instillé un myotique dans l’œil concerné 30 à 60 minutes avant, ainsi qu’un alpha-2-agoniste (apraclo-nidine 1 %). L’iridotomie périphérique

est réalisée au laser Nd:YAG avec une puissance généralement comprise entre 2 et 4 mJ/impact (plus si nécessaire). Elle peut être précédée par une “préparation” de l’iris au laser argon, en réalisant une “couronne” autour de la zone où l’on souhaite faire l’IPL, permettant d’obtenir un amincissement ou une rétraction préalable, notamment en cas d’iris épais et foncé (taille de spot : 50 µm ; puissance : 800mW ; durée : 0,1 s). À l’aide du verre d’Abraham, le laser sera focalisé sur une crypte, en évitant les méridiens en regard du ménisque de larmes (10 et 2 h). Il est ainsi maintenant classique de réaliser l’iridotomie en temporal inférieur (**fig. 1**) afin d’éviter le syndrome du ménisque de larmes. L’objectif est d’obtenir le signe du flot, c’est-à-dire la visualisation d’un flux d’humeur aqueuse (et de pigments) via l’orifice réalisé, voire l’approfondissement de la chambre antérieure (**fig. 1**).

Après le laser, des anti-inflammatoires stéroïdiens ou non stéroïdiens ainsi qu’un alpha-2-agoniste seront administrés. L’IPL présente des risques de complications rares comme une hypertonie oculaire (le plus souvent transitoire), un hyphéma (pouvant être maîtrisé par une “compression” à l’aide du verre d’Abraham), une inflammation du segment antérieur, une cataracte induite ou une diplopie monoculaire.

L’IPL permet de traiter le bloc pupillaire et le bloc pupillaire inverse en égalisant les pressions entre la chambre postérieure et la chambre antérieure. Elle sera donc réalisée :

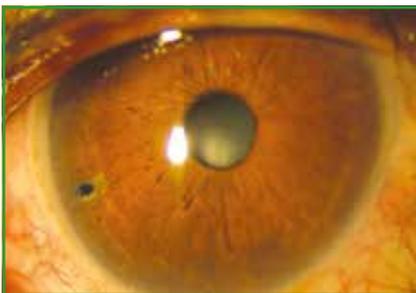


Fig. 1 : Iridotomie périphérique au laser.

>>> En cas de **crise aiguë de fermeture de l’angle (CAFA)**, ainsi que sur l’**œil adelphe** à visée préventive.

>>> En cas de **fermeture de l’angle** selon la classification de Foster [16], c’est-à-dire chez les patients qui présentent un contact iridotrabéculaire sur au moins 2 quadrants/180° associé à une hypertonie oculaire, la présence de synéchies antérieures périphériques (SAP) débutantes ou *glaukom flecken* (cependant, en cas de cataracte clinique ou chez un patient présentant une flèche cristallinienne > 700 µm, la phacoexérèse sera privilégiée).

>>> En cas de **glaucome par fermeture de l’angle** à condition que l’angle soit réouvrable à l’indentation en gonioscopie dynamique et qu’il n’existe donc pas de synéchies antérieures périphériques étendues sur plus de 2 quadrants (et, avec le même raisonnement que pour la fermeture de l’angle, en cas de cataracte associée ou de flèche cristallinienne importante, il faudra favoriser la phacoexérèse).

>>> En cas de **suspicion de fermeture de l’angle**, c’est-à-dire chez les patients chez qui il existe un contact iridotrabéculaire sur au moins 2 quadrants/180° mais sans hypertonie associée ni SAP, l’indication de l’IPL est toujours débattue. En effet, en 2018, la Cochrane Library concluait au fait qu’il manquait des données robustes pour affirmer l’intérêt de l’IPL chez les patients avec suspicion de fermeture de l’angle [17]. Néanmoins, l’étude publiée en 2019 dans le *Lancet* par He *et al.* retrouvait un intérêt modeste mais significatif de l’IPL [18]. Elle observait un faible taux de progression de la suspicion de fermeture de l’angle vers la fermeture de l’angle et concluait au fait qu’il fallait traiter 44 patients pour prévenir une évolution vers un stade précoce de fermeture de l’angle chez 1 patient. Cependant, cette étude ayant été faite sur une population asiatique, il est difficile d’extrapoler ces résultats sur d’autres populations. De ce fait, l’IPL pourra être discutée au cas par cas et réalisée en cas de nécessité de dilatations fréquentes (par

exemple chez les patients diabétiques), chez des patients chez qui une surveillance ophtalmologique régulière ne pourra pas être mise en place sur le long terme, s’il existe des antécédents familiaux de glaucome par fermeture de l’angle ou si l’autre œil présente les caractéristiques d’une fermeture de l’angle avérée.

>>> En cas de **bloc pupillaire inverse** dans le cadre d’une **dispersion pigmentaire**, s’il existe une hypertonie oculaire associée. En l’absence d’hypertonie oculaire associée, l’iridotomie peut être pratiquée après avoir imagé la concavité irienne par une échographie UBM. L’IPL réduit les “frottements” entre l’iris et les fibres zonulaires, et permettrait de limiter la dispersion de pigments et de faire baisser la PIO sur le long terme. Toutefois, les données actuelles ne permettent pas d’affirmer que l’IPL permet d’éviter la conversion d’un syndrome de dispersion pigmentaire vers le glaucome pigmentaire, ni de stabiliser le champ visuel en cas de glaucome pigmentaire [19].

>>> En cas de **blocage pupillaire secondaire**, comme par exemple chez l’aphaque ou chez le patient uvéitique présentant des synéchies iridocristalliniennes étendues.

>>> En cas de **configuration d’iris plateau**, l’IPL sera également réalisée dans un premier temps. En cas d’absence de réouverture de l’angle, le diagnostic de syndrome d’iris plateau pourra être posé puis une prise en charge complémentaire proposée.

Après réalisation de l’iridotomie, il faut bien sûr contrôler la PIO et réévaluer l’angle iridocornéen. Il faudra poursuivre une surveillance régulière de l’angle car celui-ci peut se modifier avec le grossissement du cristallin.

■ L’iridoplastie

Dans le cadre du glaucome chronique par fermeture de l’angle, le syndrome

Le dossier – L’angle iridocornéen

d’iris plateau est une entité particulière dans laquelle il persiste une fermeture de l’angle malgré la réalisation d’une IPL. Le diagnostic peut être suspecté lors de l’examen en lampe à fente qui retrouve classiquement en gonioscopie dynamique un iris plat et une fermeture de l’angle, et en indentation un aspect en “double bosse” de l’iris. L’échographie UBM retrouve quant à elle un corps ciliaire antéropositionné, une angulation de la racine de l’iris, un aspect “plat” de l’iris périphérique, une absence de sulcus ciliaire et enfin une apposition iridotrabéculaire. Elle permet aussi d’éliminer les “pseudo-iris plateaux”, comme par exemple les polykystoses du corps ciliaire.

Il existe souvent une composante de bloc pupillaire associée à l’iris plateau, c’est pourquoi l’IPL sera réalisée dans un premier temps pour lever le bloc et elle peut parfois suffire à rouvrir suffisamment l’angle iridocornéen (de même, en cas de flèche cristallinienne importante, une phacoexérèse devra être discutée et peut parfois permettre la réouverture de l’angle). Cependant, en l’absence de réouverture de l’angle au décours de l’IPL, l’iridoplastie devra être envisagée avant la formation de synéchies antérieures périphériques. Le but de celle-ci est donc de “rétracter” ou de “tendre” la racine de l’iris afin de rouvrir au maximum l’angle iridocornéen.

Elle sera réalisée après l’instillation d’une goutte d’alpha-2-agoniste (apraclo-nidine 1 %) et d’un collyre myotique (isopto-pilocarpine 2 %) à l’aide d’un



Fig. 2 : Iridoplastie au laser argon.

verre de gonioscopie indirecte ou bien d’un verre d’Abraham. Les paramètres les plus couramment utilisés sont : un diamètre de 300 μm , une puissance de 300 mW (à moduler selon chaque patient) et une durée de 0,3 s. Le but est de faire des impacts les plus périphériques possible et de visualiser une rétraction de l’iris. Les impacts sont répartis sur 360° de façon non confluyente (fig. 2).

Malgré l’utilisation d’anesthésiant, la procédure est le plus souvent assez sensible pour les patients. Après la procédure, un traitement anti-inflammatoire d’au moins 7 jours est prescrit ainsi qu’un contrôle de la tension oculaire à une semaine. En effet, l’iridoplastie peut engendrer un important pic d’inflammation et/ou d’hypertonie oculaire. Elle peut aussi conduire à une mydriase et il a également été décrit des cas de syndrome d’Urrets-Zavalía.

L’iridoplastie est cependant toujours controversée. En effet, il n’existe pas, à notre connaissance, d’étude contrôlée randomisée avec de grandes cohortes permettant d’établir avec certitude le bénéfice sur le long terme de l’iridoplastie dans le syndrome d’iris plateau sur le contrôle de la PIO, l’ouverture de l’angle ou la stabilité des champs visuels.

Romito *et al.* avaient publié une étude en 2019 sur une cohorte de 48 yeux avec un suivi de plus de 5 ans [20]. Celle-ci retrouvait une efficacité de l’iridoplastie pour contrôler la PIO, prévenir l’évolution vers la fermeture de l’angle et limiter le recours à la chirurgie filtrante. Toutefois, elle ne permettait pas de réduire le nombre de collyres hypotonisants et ne dispensait pas d’un suivi régulier de la gonioscopie car l’angle iridocornéen se modifie avec le temps, notamment du fait du grossissement du cristallin. Bourdon *et al.* avaient également publié en 2019 une revue de la littérature reprenant 8 études sur l’iridoplastie et nuançaient son efficacité [21]. En effet, celle-ci semblait permettre une baisse de PIO intéressante à court terme – environ 4 mmHg

soit une diminution de 20 % à 1 an – mais, après 6 ans de suivi, la diminution moyenne n’était plus que de 0,2 mmHg. De même, elle semblait permettre une certaine réouverture de l’angle iridocornéen mais l’évaluation de celle-ci restait une donnée subjective, dépendante de l’examineur, et les auteurs ayant réalisé un suivi de plusieurs années signalaient la récurrence d’appositions iridotrabéculaires au cours du temps.

Le bénéfice de l’iridoplastie sur le long terme est donc toujours incertain et un suivi régulier dans les suites est impératif.

Elle peut aussi se discuter dans d’autres indications : insertion antérieure de l’iris, “pseudo-plateau” dans le cadre d’une polykystose ciliaire, avant la survenue de synéchies antérieures périphériques. Cependant, là encore, il n’existe pas suffisamment de données de la littérature dans ces situations.

Conclusion

Les lasers ont donc désormais une place assez vaste dans la prise en charge de l’hypertonie oculaire, du glaucome primitif ou secondaire, à angle ouvert ou par fermeture de l’angle. Cependant, ceux-ci doivent être réalisés dans le respect de leurs indications, en informant le patient de la procédure et du bénéfice attendu. Ils impliquent donc de maîtriser au préalable l’examen en gonioscopie dynamique et un suivi régulier est indispensable dans les suites, car le degré d’ouverture de l’angle iridocornéen se modifie avec le temps.

BIBLIOGRAPHIE

1. IZZOTTI A, LONGOBARDI M, CARTIGLIA C *et al.* Trabecular meshwork gene expression after selective laser trabeculoplasty. *PLoS One*, 2011;6:e20110.
2. BRADLEY JM, ANDERSSOHN AM, COLVIS CM *et al.* Mediation of laser trabeculoplasty-induced matrix metalloproteinase expression by IL-1 β and TNF α . *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2000;41:422-430.

Le dossier – L'angle iridocornéen

3. LEE JYJ, KAGAN DB, ROUMELIOTIS G *et al.* Secretion of matrix metalloproteinase-3 by co-cultured pigmented and non-pigmented human trabecular meshwork cells following selective laser trabeculoplasty. *Clin Experiment Ophthalmol*, 2016;44:33-42.
4. MCLLRAITH I, STRASFELD M, COLEV G *et al.* Selective laser trabeculoplasty as initial and adjunctive treatment for open-angle glaucoma. *J Glaucoma*, 2006;15:124-130.
5. MARTINEZ-DE-LA-CASA JM, GARCIA-FEIJOO J, CASTILLO A *et al.* Selective vs argon laser trabeculoplasty: hypotensive efficacy, anterior chamber inflammation, and postoperative pain. *Eye*, 2004;18:498-502.
6. JUZYCH MS, CHOPRA V, BANITT MR *et al.* Comparison of long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Ophthalmology*, 2004;111:1853-1859.
7. WONG MOM, LEE JWY, CHOY BNK *et al.* Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv Ophthalmol*, 2015;60:36-50.
8. NARAYANASWAMY A, LEUNG CK, ISTIANTORO DV *et al.* Efficacy of selective laser trabeculoplasty in primary angle-closure glaucoma: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*, 2015;133:206-212.
9. ALI ALJASIM L, OWAIDHAH O, EDWARD DP. Selective laser trabeculoplasty in primary angle-closure glaucoma after laser peripheral iridotomy: a case-control study. *J Glaucoma*, 2016;25:e253-e258.
10. BENNETJAI A, THEILLAC V, AKESBI J *et al.* The effect of selective laser trabeculoplasty on intraocular pressure in patients with dexamethasone intravitreal implant-induced elevated intraocular pressure. *J Ophthalmol*, 2020;2020:3439182.
11. RUBIN B, TAGLIANTI A, ROTHMAN RF *et al.* The effect of selective laser trabeculoplasty on intraocular pressure in patients with intravitreal steroid-induced elevated intraocular pressure. *J Glaucoma*, 2008;17:287-292.
12. HARASYMOWYCZ PJ, PAPAMATHEAKIS DG, LATINA M *et al.* Selective laser trabeculoplasty (SLT) complicated by intraocular pressure elevation in eyes with heavily pigmented trabecular meshworks. *Am J Ophthalmol*, 2005;139:1110-1113.
13. GAZZARD G, KONSTANTAKOPOULOU E, GARWAY-HEATH D *et al.* Selective laser trabeculoplasty versus eye drops for first-line treatment of ocular hypertension and glaucoma (LiGHT): a multi-centre randomised controlled trial. *Lancet*, 2019;393:1505-1516.
14. ASRANI S, ZEIMER R, WILENSKY J *et al.* Large diurnal fluctuations in intraocular pressure are an independent risk factor in patients with glaucoma. *J Glaucoma*, 2000;9:134-142.
15. KIDDEE W, ATTHAVUTTISILP S. The effects of selective laser trabeculoplasty and travoprost on circadian intraocular pressure fluctuations: A randomized clinical trial. *Medicine*, 2017;96:e6047.
16. FOSTER PJ, BUHRMANN R, QUIGLEY HA *et al.* The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol*, 2002;86:238-242.
17. LE JT, ROUSE B, GAZZARD G. Iridotomy to slow progression of visual field loss in angle-closure glaucoma. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018;6:CD012270.
18. HE M, JIANG Y, HUANG S *et al.* Laser peripheral iridotomy for the prevention of angle closure: a single-centre, randomised controlled trial. *Lancet*, 2019;393:1609-1618.
19. BUFFAULT J, LERAY B, BOUILLOT A *et al.* Role of laser peripheral iridotomy in pigmentary glaucoma and pigment dispersion syndrome: A review of the literature. *J Fr Ophthalmol*, 2017;40:e315-e321.
20. ROMITO N, BLUWOL E, GRABER M *et al.* Argon laser iridoplasty for plateau iris syndrome: long-term outcomes of 48 eyes. *J Glaucoma*, 2019;28:767-771.
21. BOURDON H, ARAGNO V, BAUDOQUIN C *et al.* Iridoplasty for plateau iris syndrome: a systematic review. *BMJ Open Ophthalmol*, 2019;4:e000340.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.