

■ Revues générales

OCT-angiographie et pronostic des OVR

RÉSUMÉ : Les occlusions veineuses rétinienne (OVR) sont une cause fréquente de baisse d'acuité visuelle. Le pronostic anatomo-fonctionnel se fait sur la survenue de deux principales complications : l'œdème maculaire et/ou le développement d'une ischémie rétinienne. Le développement de l'OCT-angiographie a permis, en séparant les plexus capillaires rétinien superficiels et profonds, de mieux comprendre les remodelages vasculaires secondaires aux OVR.

Des anomalies microvasculaires maculaires ont été décrites en OCT-A dans cette pathologie et pourraient même être le reflet de l'état rétinien périphérique. Cependant, cette technique très prometteuse nécessite encore des améliorations dans la segmentation et la résolution avant de pouvoir remplacer l'angiographie.



F. DE BATS ^{1,2}, **B. WOLFF** ³,
P.-L. CORNUT ¹

¹ Centre Pôle vision,
Clinique du Val d'Ouest, ÉCULLY,

² Service d'Ophtalmologie,
Hôpital de la Croix Rousse, LYON,

³ Centre Ophtalmologique Maison Rouge,
STRASBOURG.

Les occlusions veineuses rétinienne (OVR) sont la deuxième cause la plus fréquente d'atteintes vasculaires rétinienne après la rétinopathie diabétique. C'est une importante cause de baisse d'acuité visuelle avec une prévalence de 16 millions de cas dans le monde. Le pronostic anatomo-fonctionnel des occlusions veineuses est conditionné par le risque de survenue de 2 principales complications : l'œdème maculaire et/ou le développement d'une ischémie rétinienne (ischémie maculaire et/ou périphérique).

Pour le diagnostic et le suivi de l'œdème maculaire des OVR, la tomographie à cohérence optique (OCT) en mode B-scan s'est imposée comme l'examen non invasif de référence. Si l'utilisation des anti-VEGF et de la dexaméthasone à libération prolongée en intravitréen a largement amélioré le pronostic fonctionnel des OVR en traitant l'œdème maculaire, l'importance de l'ischémie et son risque évolutif reste un challenge diagnostique et thérapeutique important, parfois difficile à imager. En effet,

lors de l'examen initial, ces signes ischémiques sont souvent occultés si l'œdème ou les hémorragies gênent la visualisation du lit capillaire en angiographie à la fluorescéine (AGF) ou empêchent la visualisation de la zone ellipsoïde en OCT-B scan.

L'émergence récente de l'OCT-angiographie (OCT-A) dont le principe repose sur l'imagerie OCT "en face" et sur une acquisition rapide et répétée à même intervalle de temps de plusieurs B-scan au même endroit de la rétine, offre de nouvelles perspectives diagnostiques. L'analyse des différences entre ces B-scan (correspondant au signal de décorrélation) va refléter l'écoulement des globules rouges à l'intérieur des vaisseaux sanguins [1].

Il s'agit donc d'une imagerie vasculaire sans injection de produit de contraste, éliminant les risques de l'angiographie habituelle (malaises, allergie). Le développement de l'OCT-A a permis de visualiser séparément les plexus capillaires rétinien superficiels et profonds qui se retrouvent superposés et confondus sur

Revue générale

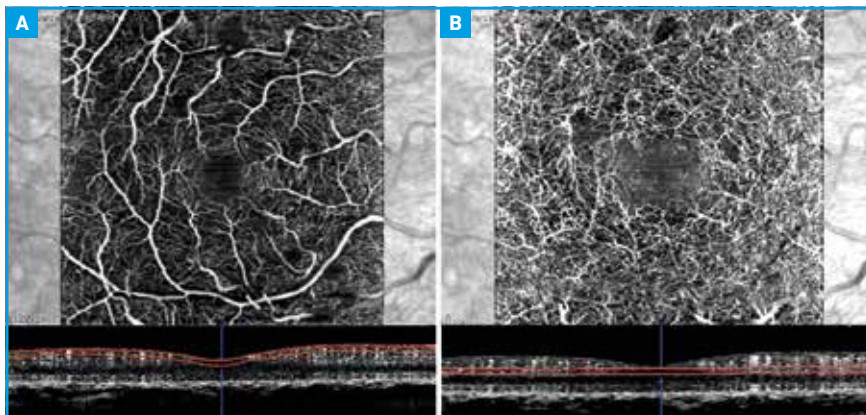


Fig. 1 : OCT-angiographie au niveau des *slabs* des plexus capillaires rétiniens superficiel et profond d'un patient atteint d'une occlusion veineuse centrale de la rétine de l'œil droit de type A ou ischémique. **A :** OCT-angiographie au niveau du *slab* du plexus capillaire superficiel de l'œil droit avec de nombreux territoires en hyposignal de flux traduisant l'existence de nombreuses zones de raréfactions microvasculaires. **B :** OCT-angiographie au niveau du *slab* du plexus capillaire profond de l'œil droit avec de nombreux territoires en hyposignal de flux évoquant aussi une raréfaction microvasculaire. Les deux plexus capillaires sont bien individualisés séparément par l'analyse des *slabs* à des profondeurs intrarétiniennes différentes.

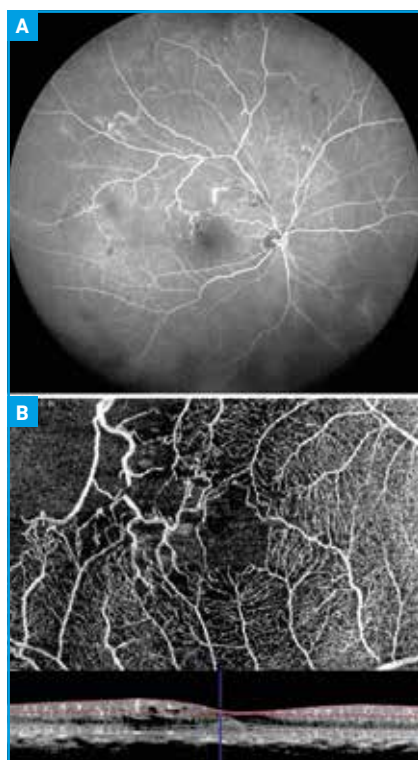


Fig. 2 : Patient atteint d'une occlusion de branche veineuse de la rétine droite. **A :** cliché grand champ en angiographie à la fluorescéine permettant de visualiser des zones d'ischémie périphérique et de guider une éventuelle photocoagulation. **B :** cliché en OCT-angiographie au niveau du *slab* du plexus capillaire rétinien superficiel mettant en évidence un élargissement de la zone avasculaire centrale et une irrégularité de l'arcade anastomotique centrale. Il existe de larges zones de non perfusion capillaire en hyposignal de flux.

les clichés d'AGF (**fig. 1**). En effet, l'AGF ne permet pas d'individualiser précisément le plexus capillaire profond qui est souvent atteint dans ces pathologies vasculaires rétinienne. Appliquée aux OVR, l'évaluation en OCT-A des pertes et remodelages microvasculaires parafovéolaires au niveau des deux plexus capillaires rétiniens, pourrait non seulement apporter une information fonction-

nelle mais aussi pronostique sur le degré d'ischémie au-delà du pôle postérieur. Actuellement, l'OCT-A est un examen non invasif qui permet l'évaluation des conséquences microcirculatoires maculaires secondaires aux OVR. Il s'agit d'un examen fiable qui possède une bonne corrélation avec les clichés en AGF [2], examen de référence, pour l'évaluation des zones ischémiques maculaires et du remodelage microvasculaire (**fig. 2**).

Des anomalies maculaires [3-5] ont été décrites en OCT-A dans cette pathologie telles que :

- un élargissement de la zone avasculaire centrale (surtout dans le plexus capillaire profond) en comparaison avec l'œil adelphe ;
- une augmentation de la non perfusion des capillaires parafovéaux ;
- une diminution de la densité vasculaire parafovéolaire évaluée par des logiciels de quantification de flux disponibles sur certains appareils tels que l'Angiovue de chez Optovue (**fig. 3**) ou le Cirrus Angioplex de Zeiss ;
- la présence de *shunts* de dérivation entre les réseaux vasculaires rétiniens supérieurs et inférieurs ou au niveau papillaire.

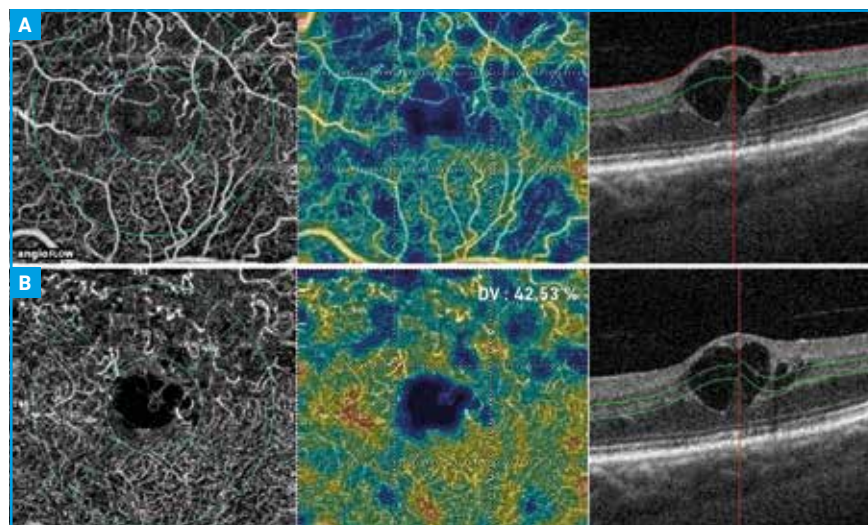


Fig. 3 : Cas d'occlusion de branche veineuse rétinienne. **A :** plexus capillaire rétinien superficiel au sein duquel est calculée par un logiciel la densité vasculaire (DV). **B :** plexus capillaire rétinien profond au sein duquel est aussi calculée par un logiciel la densité vasculaire (DV). Les zones en hypoperfusion sont dans les territoires supérieurs plutôt de couleur grise sur l'OCT-angiographie et les kystes intrarétiniens sont plutôt noirs en signal. Le logiciel de calcul de la DV ne fait pas la différence entre l'œdème et les zones de raréfaction sur son échelle couleur. Remerciements au Dr Florence Coscas pour ces images.

Ces anomalies peuvent exister peu importe la topographie (occlusion veineuse rétinienne centrale, de branche ou hémio-occlusion) ou le type (A ou ischémique et B ou œdémateuse) de l'occlusion veineuse. De plus, l'OCT-A permettrait une meilleure analyse par rapport à l'AGF de l'intégrité ou non de l'arcade périfovéolaire, des zones de non perfusion au niveau des plexus capillaires rétiens surtout profond et des logettes d'œdème maculaire intrarétinien (**fig. 4**).

Alors qu'il a toujours été difficile de corréler l'acuité visuelle et l'épaisseur maculaire centrale en OCT B-scan, cela semble possible avec l'analyse de la microvascularisation en OCT-A. Récemment, il a été décrit dans la littérature une corrélation quantitative entre les zones de non perfusion capillaires maculaires, la densité vasculaire parafovéale (calculée par un logiciel), l'élargissement de la zone avasculaire centrale et l'acuité visuelle dans les OVR [4-6]. Kadomoto *et al.* [7] ont également décrit chez des patients atteints d'occlusion de branche veineuse une forte corrélation statistique entre la présence de zones de non perfusion, analysées en OCT-A après résolution de l'œdème maculaire traité par injections intravitréennes d'anti-VEGF et le résultat fonctionnel en termes de chiffre d'acuité visuelle et de sensibilité maculaire évaluée en micropérimétrie. Des travaux ont étudié les anomalies maculaires en OCT-A en mode *follow-up*, avant et après traitement intravitréen par anti-VEGF ou dexaméthasone à libération prolongée. Malgré l'amélioration après traitement de l'œdème maculaire et de l'ischémie au niveau du plexus capillaire profond, la densité vasculaire restait plus faible dans les yeux atteints d'OVR [8-10]. Ces paramètres pourraient expliquer pourquoi la récupération fonctionnelle peut être incomplète alors que l'œdème maculaire est résolu anatomiquement.

Pour l'imagerie de la périphérie, l'évaluation du degré d'ischémie rétinienne secondaire et le guidage du traitement par photocoagulation de ces zones, l'AGF reste encore l'examen le plus

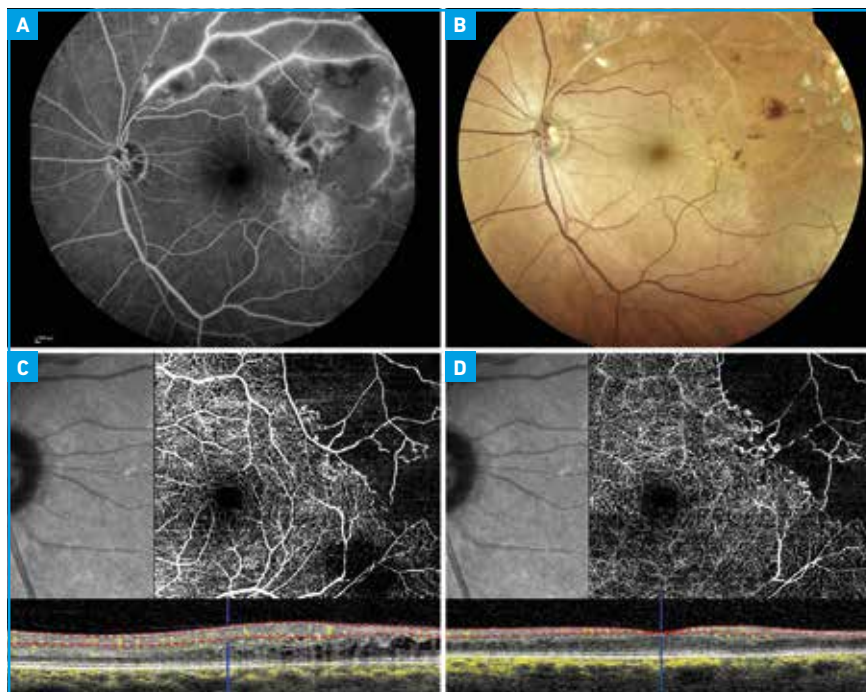


Fig. 4 : Patient présentant une occlusion de branche veineuse temporale supérieure de l'œil gauche ayant été traité par photocoagulation sectorielle et injection intravitréenne d'anti-VEGF. **A :** cliché en angiographie à la fluorescéine. **B :** rétinoconfocalie en lumière blanche. **C et D :** OCT-angiographie au niveau des *slabs* des plexus capillaires rétiens superficiel et profond. Le cliché couleur montre la topographie de l'occlusion de branche avec des vaisseaux blancs déshabités. On note une bonne corrélation topographique des territoires ischémiques sur les clichés d'angiographie à la fluorescéine (territoires hypofluorescents sans capillaire) et sur l'OCT-angiographie (territoires en hyposignal de flux) au niveau des deux plexus capillaires rétiens superficiels et profonds.

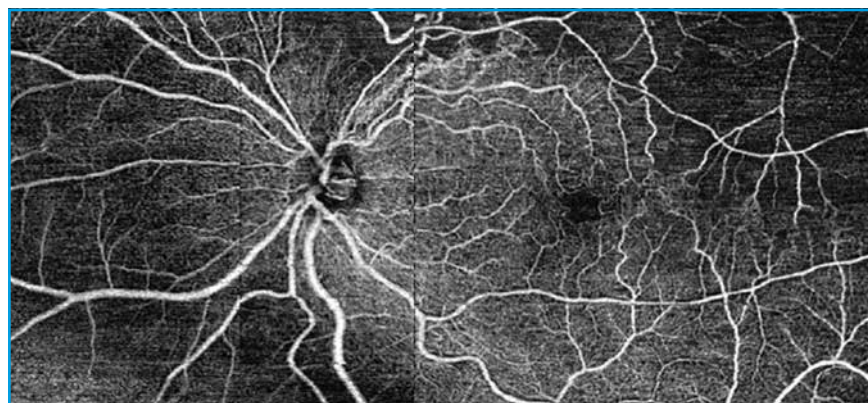


Fig. 5 : Occlusion de branche rétinienne temporale supérieure de l'œil gauche. Reconstitution mosaïque automatique grand champ à partir de cube de 9 mm par 9 mm avec l'appareil OCT-angiographie DRI de Topcon.

exhaustif. Cependant, certains appareils d'OCT-A permettent à l'aide de reconstructions mosaïques automatiques une visualisation grand champ (**fig. 5**) permettant d'explorer bien au-delà du pôle postérieur. Des travaux récents montrent que les atteintes microvasculaires maculaires en OCT-A seraient

corrélées au degré d'ischémie périphérique. F. Coscas *et al.* ont montré que ces altérations maculaires observées en OCT-A (diminution de la densité vasculaire parafovéolaire et élargissement de la zone avasculaire centrale) étaient statistiquement corrélées à la présence d'ischémie périphérique retrouvée en

Revue générale

AGF [11]. Cependant, il reste très difficile de déterminer un niveau "seuil" entre le degré d'atteinte de la densité microvasculaire maculaire et le risque de développer un glaucome néovasculaire.

L'OCT-A est une technique en plein essor mais qui présente encore des limites en fonction du tableau clinique en particulier si celui-ci est très exsudatif. Dans les OVR de type A ou ischémique, l'analyse de la raréfaction capillaire et le calcul de la densité vasculaire au niveau maculaire en OCT-A peuvent être masqués par la présence de blanc périveineux. En effet, ce blanc qui est hyperréfectif sur l'OCT B-scan gêne la visualisation des deux plexus capillaires rétinien. De même, cette analyse est difficile en présence d'œdème maculaire cystoïde ou d'hémorragies rétinien importantes compliquant l'OVR œdémateuse de type B (fig. 6). De plus, dans les œdèmes maculaires chroniques où l'étiologie est souvent liée au développement secondaire de macroanévrismes veineux, la réalisation de l'angiographie au vert d'indocyanine (ICG) garde encore toute sa place [12]. En effet, la visualisation de ces dilatations vasculaires n'est pas facile en OCT-A probablement en raison du faible flux circulant à l'intérieur du macroanévrisme qui ne peut pas toujours être imagé avec les appareils actuels (fig. 7 et 8).

Une baisse visuelle importante peut être enfin expliquée par une occlusion concomitante de l'artère cilioretinienne secondaire à un ralentissement veineux majeur. Dans ce cas, l'OCT-A permet de visualiser l'atteinte du territoire artériel occlus en montrant une disparition totale des plexus capillaires superficiels et profonds (fig. 9).

Conclusion

Dans l'évaluation diagnostique et le suivi thérapeutique de l'œdème maculaire secondaire aux OVR, la mesure de l'acuité visuelle et la réalisation de l'OCT en mode B-scan restent suffisants. Pour la visualisation et le guidage thérapeutique (laser

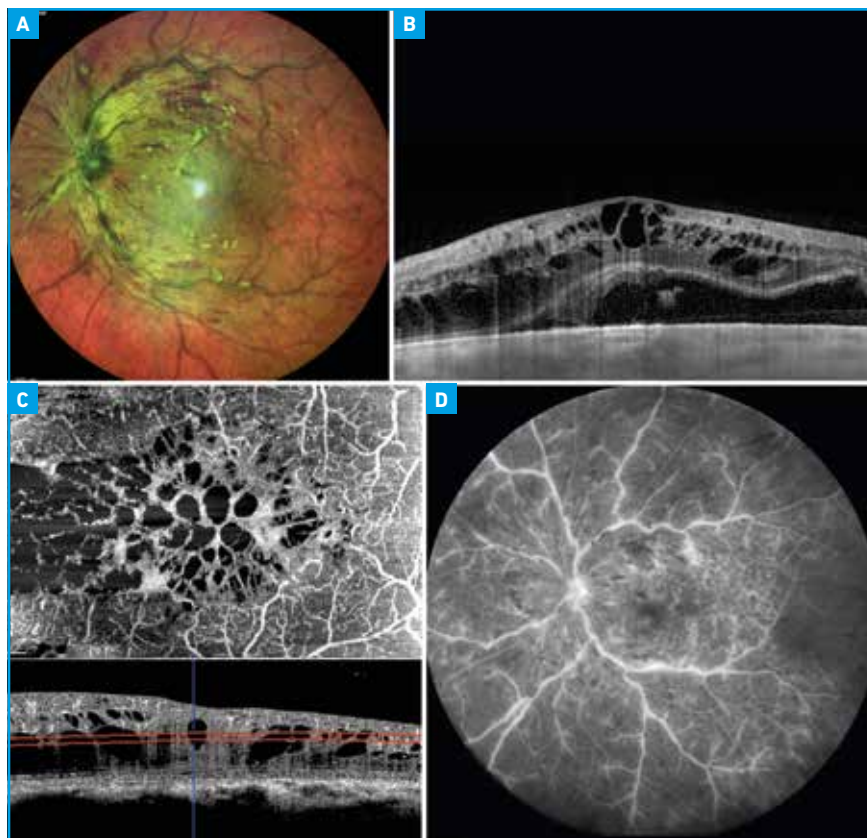


Fig. 6 : Occlusion de la veine centrale de la rétine de l'œil gauche compliquée d'œdème maculaire et d'une ischémie périphérique. **A :** cliché en multicolor montrant les hémorragies, les dilatations veineuses et les nodules cotonneux. **B :** cliché en OCT B-scan maculaire montrant les logettes hyporéfectives d'œdème maculaire intrarétinien. **C :** cliché en OCT angiographie au niveau du slab capillaire rétinien profond montrant des logettes d'œdème maculaire en hyposignal de flux. Ces logettes gênent la visualisation des zones de raréfaction capillaire. L'angiographie à la fluorescéine montre de larges territoires hypofluorescents en périphérie temporale non imagés par l'OCT-angiographie limitée au pôle postérieur.

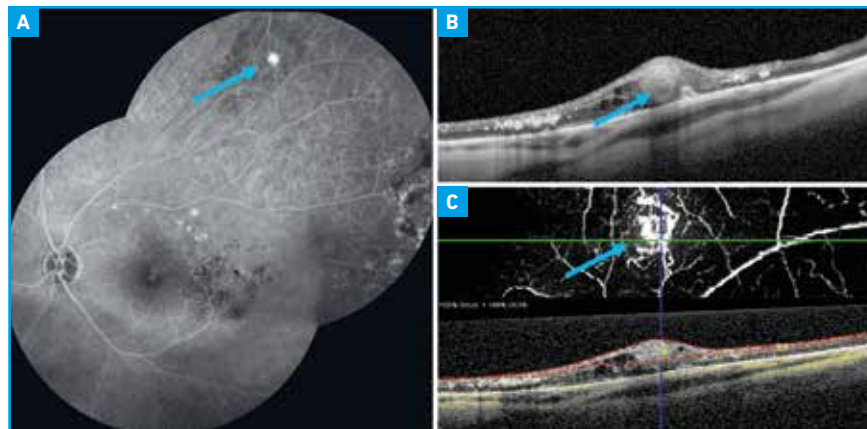


Fig. 7 : Patient atteint d'une occlusion de branche veineuse de la rétine de l'œil gauche qui présente un œdème maculaire chronique traité par injections intravitréennes d'anti-VEGF itératives sans succès. **A :** le cliché en angiographie à la fluorescéine montre une lésion vasculaire hyperfluorescente signe d'un macroanévrisme veineux (flèche bleue) secondaire à l'occlusion. **B :** cliché en OCT B-scan montrant la lésion ronde intrarétinienne hyperréfective (flèche bleue). **C :** l'OCT-angiographie au niveau de la lésion visualise la lésion vasculaire en hypersignal de flux.

focal) de macroanévrismes veineux, la place de l'ICG reste encore incontournable. En revanche, l'OCT-A est une technique très prometteuse dans l'évaluation des anomalies microvasculaires maculaires et leur corrélation avec l'acuité visuelle et le degré d'ischémie rétinienne périphérique. Tant que l'on ne peut corréler quantitativement ces anomalies en OCT-A au risque de survenue d'un glaucome néovasculaire, l'examen attentif de l'iris et la réalisation d'une AGF restent nécessaires à la recherche de signes d'ischémie rétinienne. L'avenir est dans le développement de logiciels plus performants pour une segmentation et une résolution plus précises ainsi que la possibilité d'obtenir de plus grands champs d'acquisition pour atteindre la périphérie rétinienne.

POINTS FORTS

- En OCT-A, des anomalies microvasculaires maculaires sont retrouvées dans :
 - un élargissement de la zone avasculaire centrale ;
 - une augmentation de la non perfusion des capillaires parafovéaux ;
 - une diminution de la densité vasculaire parafovéolaire.
- Des travaux récents montrent que les atteintes microvasculaires maculaires en OCT-A seraient corrélées au degré d'ischémie périphérique. Mais pour l'instant, l'examen attentif de l'iris et la réalisation d'une angiographie à la fluorescéine restent nécessaires à la recherche de signes d'ischémie rétinienne.
- Pour la visualisation et le guidage thérapeutique de macroanévrismes veineux, la place de l'angiographie au vert d'indocyanine reste encore incontournable.

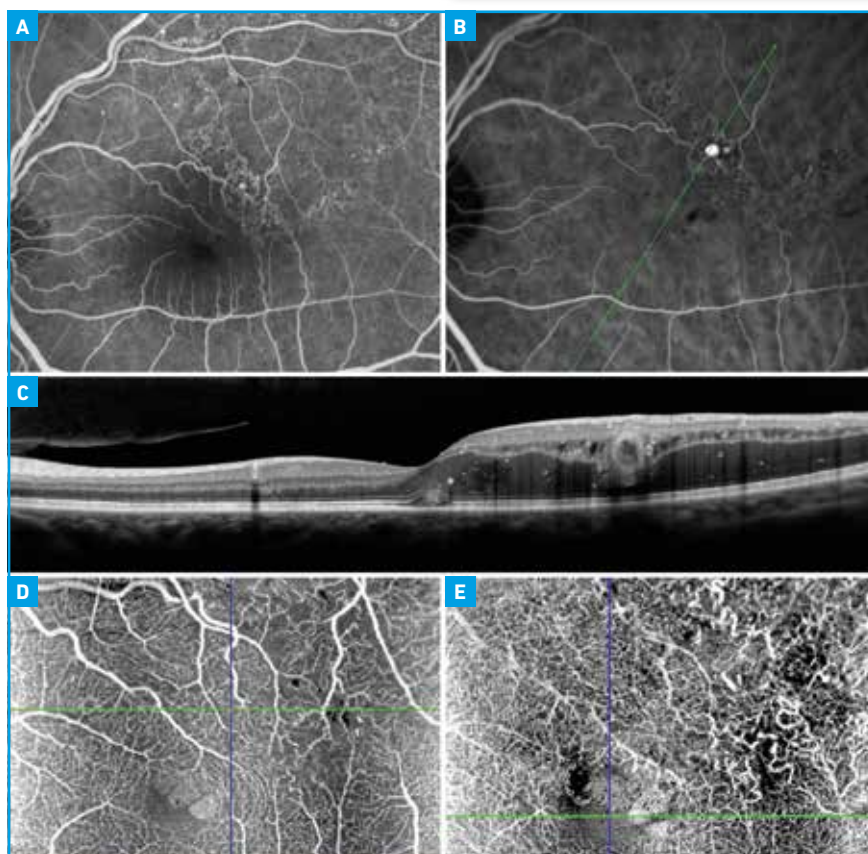


Fig. 8 : Occlusion de branche veineuse de l'œil gauche. **A :** cliché en angiographie à la fluorescéine montrant le remodelage vasculaire secondaire à l'occlusion. **B :** cliché en angiographie au vert d'indocyanine mettant en évidence un macroanévrisme veineux hypercyanescent. **C :** cliché OCT B-scan montrant une lésion ronde au contour hyperréfléctif au sein de l'œdème intrarétinien. **D et E :** clichés en OCT angiographie au niveau des *slabs* des plexus capillaires rétinien superficiel et profond ne mettant pas en évidence le macroanévrisme veineux.

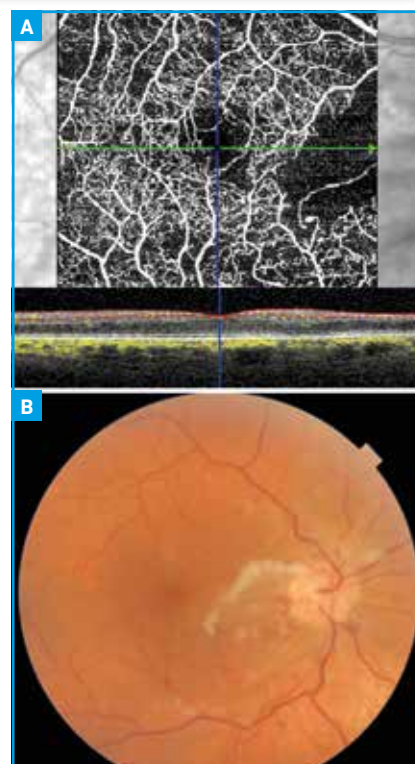


Fig. 9 : Patient présentant une occlusion de la veine centrale de la rétine, compliquée d'une occlusion de l'artère ciliorétinienne secondaire au ralentissement veineux important. **A :** cliché en OCT-angiographie au niveau du *slab* capillaire rétinien superficiel montrant une large plage en hyposignal de flux au niveau de l'artère ciliorétinienne. **B :** rétinophotographie couleur montrant un œdème blanc ischémique avec nodules cotonneux dans ce même territoire artériel occlus.

Revue générale

BIBLIOGRAPHIE

1. KASHANI AH, CHEN CL, GAHM JK *et al.* Optical coherence tomography angiography: A comprehensive review of current methods and clinical applications. *Prog Retin Eye Res*, 2017;60:66-100.
2. NOBRE CARDOSO J, KEANE PA, SIM DA *et al.* Systematic Evaluation of Optical Coherence Tomography Angiography in Retinal Vein Occlusion. *Am J Ophthalmol*, 2016;163:93-107.
3. COSCAS F, GLACET-BERNARD A, MIERE A *et al.* Optical Coherence Tomography Angiography in Retinal Vein Occlusion: Evaluation of Superficial and Deep Capillary Plexa. *Am J Ophthalmol*, 2016;161:160-171.
4. WONS J, PFAU M, WIRTH MA *et al.* Optical Coherence Tomography Angiography of the Foveal Avascular Zone in Retinal Vein Occlusion. *Ophthalmologica*, 2016;235:195-202.
5. KANG JW, YOO R, JO YH *et al.* Correlation of microvascular structures on optical coherence tomography angiography with visual acuity in retinal vein occlusion. *Retina*, 2017;37:1700-1709.
6. BALARATNASINGAM C, INOUE M, AHN S *et al.* Visual Acuity Is Correlated with the Area of the Foveal Avascular Zone in Diabetic Retinopathy and Retinal Vein Occlusion. *Ophthalmology*, 2016;123:2352-2367.
6. KADOMOTO S, MURAOKA Y, OOTO S *et al.* Evaluation of macular ischemia in eyes with branch retinal vein occlusion: An Optical Coherence Tomography Angiography Study. *Retina*, 2017. [Epub ahead of print]
7. SUZUKI N, HIRANO Y, TOMIYASU T *et al.* Retinal hemodynamics seen on optical coherence tomography angiography before and after treatment of retinal vein occlusion. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016;57:5681-5687.
8. SELLAM A, GLACET-BERNARD A, COSCAS F *et al.* Qualitative and quantitative follow-up using optical coherence tomography angiography of retinal vein occlusion treated with anti-VEGF: Optical Coherence Tomography Angiography Follow-up of Retinal Vein Occlusion. *Retina*, 2017;37:1176-1184.
9. GLACET-BERNARD A, SELLAM A, COSCAS F *et al.* Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion treated with dexamethasone implant: a new test for follow-up evaluation. *Eur J Ophthalmol*, 2016;26:460-468.
10. SEKNAZI D, COSCAS F, SELLAM A *et al.* Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion: Correlations Between Macular Vascular Density, Visual Acuity, and Peripheral Nonperfusion Area on Fluorescein Angiography. *Retina*, 2017. [Epub ahead of print]
11. PAQUES M, PHILIPPAKIS E, BONNET C *et al.* Indocyanine-green-guided targeted laser photocoagulation of capillary macroaneurysms in macular oedema: a pilot study. *Br J Ophthalmol*, 2017;101:170-174.

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