

## Le dossier – L'imagerie grand champ

# Diabète : angiographie à la fluorescéine grand champ ou reconstructions OCT-A ?

**RÉSUMÉ :** Au cours des années passées, l'utilisation de l'imagerie grand champ a repoussé les limites de ce que l'on explore en périphérie rétinienne et a permis d'examiner la rétine bien au-delà des traditionnels 7 champs ETDRS. Deux types d'imagerie autorisent une exploration de la rétine périphérique : il s'agit d'une part des rétinographes et angiographes ultra-grand champ et d'autre part des appareils d'OCT-A permettant, soit par reconstruction, soit par le biais d'un cliché unique, d'examiner la périphérie.

En matière d'exploration de la rétinopathie diabétique, on peut se demander si ces deux types d'imagerie fournissent des images équivalentes ou si chacune de ces modalités apporte des éléments cliniques différents. Afin de répondre à cette question, nous nous proposons de faire une revue de la littérature portant sur les articles récemment publiés à ce sujet et de faire part de notre expérience clinique.



**F. FAJNKUCHEN**

Centre d'Imagerie et de Laser, PARIS ;  
Hôpital Avicenne, BOBIGNY.

**E**n matière de détection de la rétinopathie diabétique, la réalisation de photos stéréoscopiques du fond d'œil à 7 champs a été largement remplacée par l'angiographie à la fluorescéine ultra-grand champ (UWF-FA) et la photographie couleur du fond d'œil grand champ dans la pratique clinique moderne. En matière d'OCT, la plupart des plateformes OCT-A conventionnelles et disponibles dans le commerce étaient limitées à des tailles de balayage qui englobaient uniquement la macula et le nerf optique.

Les progrès de la technologie de l'OCT permettent depuis peu, soit par montage, soit à partir d'une acquisition unique, d'offrir des zones de balayage beaucoup plus grandes, ouvrant la voie aux OCT-A grand champ et ultra-grand champ. Ainsi, en capturant la rétine périphérique jusqu'à l'équateur, l'OCT *swept-source* et à champ large (WF-SS-OCTA) présente une option d'imagerie peu invasive, à haute résolution et sensible, prometteuse pour visualiser et caractériser le système vasculaire rétinien.

### L'OCT-A pour explorer la périphérie rétinienne

L'OCT-A conventionnel capture généralement des segments de  $3 \times 3$  et  $6 \times 6$  mm<sup>2</sup>, et plus récemment  $8 \times 8$  mm<sup>2</sup>. En associant plusieurs images OCT, centrées et excentrées, il est possible, grâce à des protocoles de montage OCT-A combinant divers petits scans, d'obtenir une image plus large ayant une bonne résolution axiale et latérale.

Cependant, l'acquisition d'images multiples peut être difficile et prendre du temps. La technologie *swept-source* appliquée aux techniques d'OCT-A permet d'obtenir en une acquisition des champs plus larges. Ainsi, avec le PLEX Elite (Carl Zeiss Meditec, Dublin, Californie, États-Unis), les mises à niveau récentes sont équipées de la possibilité d'acquérir des numérisations  $15 \times 9$ ,  $12 \times 12$  et même  $15 \times 15$  mm<sup>2</sup>. Ces protocoles d'analyse plus larges réduisent la durée d'analyse lors du montage de plusieurs images, offrent un champ de vision plus large, mais peuvent être plus sensibles aux artéfacts d'imagerie.

## I Le dossier – L'imagerie grand champ

L'OCT-A est, par rapport à l'angiographie à la fluorescéine, un examen non invasif permettant de se passer d'injection de produit de contraste. Il a comme autre intérêt de disposer d'outils quantitatifs autorisant la mesure de plusieurs paramètres vasculaires courants, notamment la densité des vaisseaux, la densité du squelette des vaisseaux, et la taille et la forme de la zone avasculaire fovéale.

### Angiographie à la fluorescéine, OCT-A et rétinopathie diabétique

#### 1. Précocité du diagnostic

Dans une étude prospective, Yang *et al.* ont examiné 55 yeux de 30 patients diabétiques sans signes cliniques de rétinopathie diabétique [1]. Tous les sujets ont subi un examen OCT-A avec un champ de vision de  $12 \times 12 \text{ mm}^2$  avec 5 fixations visuelles différentes (1 fixation centrale et 4 fixations périphériques) pour composer une image d'OCT-A ultra-grand champ (UWF-OCTA). Les lésions, y compris les zones de non-perfusion (NPA), la dilatation et la tortuosité microvasculaire et la néovascularisation (NV) ont été enregistrées dans différentes zones. L'histoire clinique du diabète a également été enregistrée.

Les zones périphériques présentaient significativement plus de dilatations

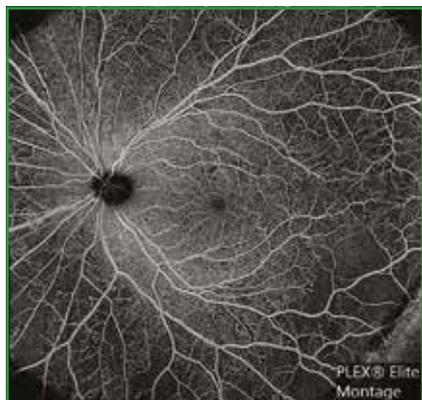


Fig. 1 : Visualisation des zones de non-perfusion. OCT-A PLEX Elite.

microvasculaires et de tortuosités ( $p = 0,024$ ) et plus de NPA que les zones centrales ( $p = 0,085$ ). Le nombre de types de lésions était associé aux taux d'HbA1c dans les zones périphériques et globales (toutes les valeurs  $p < 0,001$ ). Les auteurs concluent que l'OCT-A ultra-grand champ est une méthode d'imagerie prometteuse pour détecter les altérations vasculaires dans les yeux diabétiques sans signes cliniques, permettant ainsi de révéler les altérations microvasculaires rétinienne précocement.

#### 2. Détection des néovaisseaux et des zones de non-perfusion

Dans une étude comparant angiographie à la fluorescéine et OCT-A, Hirano *et al.* retrouvent une sensibilité de 96 et 79 % et une spécificité de 100 et 96 % respectivement pour détecter les zones de non-perfusion et de néovascularisation (fig. 1). Ces taux de détection étaient supérieurs aux taux obtenus en angiographie à la fluorescéine [2].

De la même manière, d'autres études confirment que l'OCT-A n'est pas inférieur à l'angiographie à la fluorescéine pour détecter les néovaisseaux compliquant la rétinopathie diabétique [3-5] et serait même plus sensible que la détection par rétinophotographies couleur ou par examen du fond d'œil [3-6]. Un autre avantage potentiel de l'OCT-A serait de faire le diagnostic différentiel entre des néovaisseaux actifs et inactifs [7-8].

#### 3. Analyse des microanévrismes

L'OCT-A a la capacité d'identifier les microanévrismes et d'en préciser la localisation au sein des plexus capillaires superficiels et/ou profonds. Cependant, en matière de détection des microanévrismes, l'OCT-A aurait une sensibilité plus faible que l'angiographie à la fluorescéine [9]. La justification postulée derrière ce taux de détection inférieur pourrait être l'insensibilité relative de l'OCT-A au flux sanguin lent dans certains types de microanévrismes [9-10].

Lors de l'utilisation du SS-OCTA, les microanévrismes peuvent être détectés plus facilement avec une angiographie  $6 \times 6 \text{ mm}^2$  plutôt qu'avec un montage ou une acquisition grand champ obtenu avec un appareil *swept-source* [11].

#### 4. Détection des AMIR

L'OCT-A est supérieur aux rétinophotographies pour détecter les anomalies microvasculaires intrarétiniennes (AMIR) et non inférieur à l'angiographie ultra-grand champ. Cela peut être particulièrement utile pour faire la distinction entre rétinopathie diabétique non proliférante sévère et rétinopathie diabétique proliférante, et le faire avec une approche non invasive [11, 12].

#### 5. Effet des traitements sur la non-perfusion

L'OCT-A permet de détecter des zones de non-perfusion à des taux plus élevés que l'UWF-FA [13]. Quelques études avaient suggéré qu'après traitement par laser ou injections intravitréennes, on pouvait constater une diminution de la non-perfusion, voire des situations de reperfusion. Ainsi, Fawzi *et al.* ont examiné 10 yeux avant et après photocoagulation panrétinienne (PPR). Ils ont constaté que l'indice de débit ajusté augmentait et que le pourcentage de zones de non-perfusion diminuait, suggérant une redistribution globale du flux sanguin vers le pôle postérieur après PPR [14]. Une étude prospective récente de Russell *et al.* a analysé 20 yeux naïfs de traitement avec rétinopathie diabétique proliférante avant et après PPR avec angiographie ultra-grand champ et WF-SS-OCTA, et a constaté qu'il n'y avait pas de différence significative entre les niveaux de non-perfusion rétinienne avant et après le traitement [15].

De même, certaines études avec anti-VEGF avaient constaté une amélioration de la perfusion sous traitement [16]. Une étude comparant OCT-A

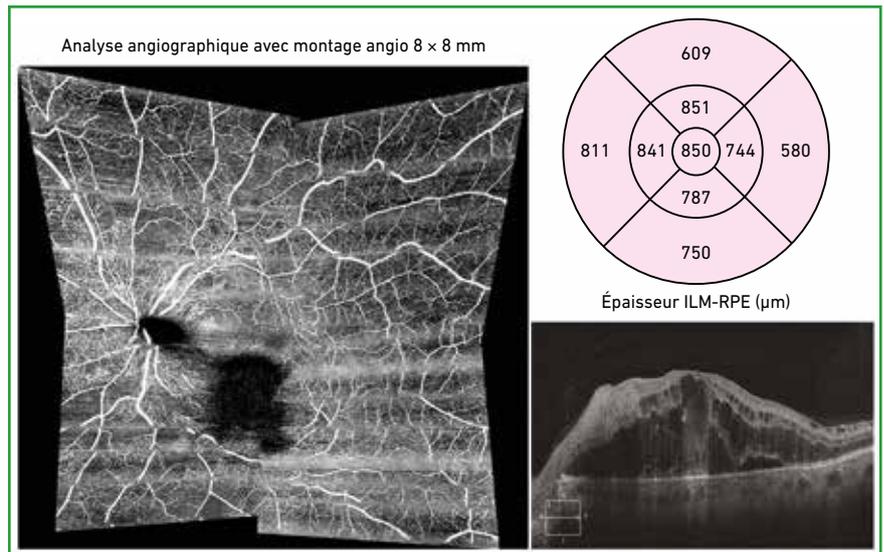
## Le dossier – L'imagerie grand champ

et angiographie ultra-grand champ à la fluorescéine a montré qu'il n'y avait pas de reperfusion sous anti-VEGF. Tous les yeux ont été imagés avec des photographies couleur UWF du fond d'œil (CFP), UWF-FA et SS-WF-OCTA au départ (M0) et 1 mois après la troisième injection d'anti-VEGF (M3). Toutes les images ont été alignées et divisées en 16 cases pour l'analyse des zones NP par deux spécialistes de la rétine en aveugle [13]. Aucune reperfusion de vaisseaux ou de réseau capillaire n'a été détectée dans les zones de non-perfusion en utilisant les deux techniques d'imagerie UWF-FA et SS-WF-OCTA dans les yeux avec rétinopathie diabétique après 3 injections d'anti-VEGF. Le taux de détection des zones de non-perfusion était plus élevé avec SS-WF-OCTA qu'avec UWF-FA.

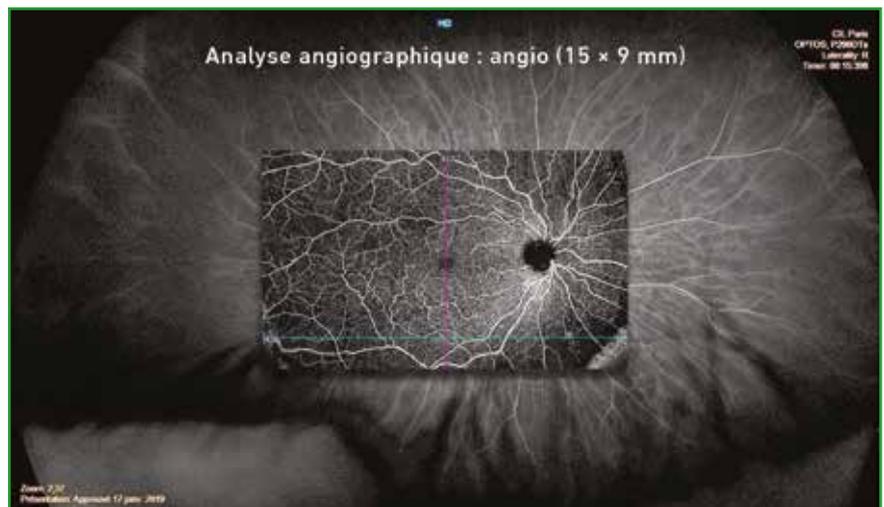
### Limites de l'OCT-A

Il y a quelques limitations importantes à prendre en compte lors de l'interprétation des images en OCT-A. Étant donné que cette technologie dépend fortement des balayages séquentiels pour calculer et caractériser le système vasculaire, elle est très sensible aux artéfacts de mouvement tels que les clignements, les mouvements des yeux ou la perte de fixation [11]. Une étude prospective de Cui *et al.* ayant examiné 136 yeux avec le montage SS-OCTA (15 × 9 mm<sup>2</sup>) a conclu que ceux avec rétinopathie diabétique sévère étaient associés à un artéfact de mouvement plus élevé [17]. Cela peut être une réelle difficulté technique lorsque l'OCT-A est utilisé pour les patients ayant une mauvaise vision centrale.

Par ailleurs, les erreurs de segmentation sont l'une des principales raisons des artéfacts dans les images OCT-A, qui se produisent plus fréquemment en présence de néovaisseaux ou d'œdème maculaire. Les perturbations de l'architecture rétinienne causées par le liquide intrarétinien peuvent en effet entraîner



**Fig. 2 :** Artéfacts liés à des difficultés de segmentation dans ce montage à partir d'OCT 8 × 8 mm chez un patient présentant un œdème maculaire diabétique sévère.



**Fig. 3 :** Le champ du montage en OCT-A reste limité par rapport au champ exploré en angiographie ultra-grand champ.

des erreurs de segmentation automatisée (**fig. 2**). La segmentation manuelle peut contribuer à résoudre ce problème.

Il convient également de noter que, même si l'OCT-A permet d'apprécier avec qualité les zones de non-perfusion, il n'y a pas encore de protocoles standardisés pour mesurer cette non-perfusion. Des études sont en cours pour répondre à cette problématique afin de créer une base normative de la perfusion rétinienne [18].

Enfin, même si le champ de vision a considérablement augmenté par rapport aux précédents OCT-A traditionnels, il est toujours limité par rapport à l'UWF-FA (**fig. 3**). Ce problème pourra certainement être résolu à l'avenir avec le montage de plusieurs images ou l'évolution continue de la technologie OCT-A.

### BIBLIOGRAPHIE

1. YANG J, ZHANG B, WANG E *et al.* Ultra-wide field swept-source optical coherence tomography angiography in

- patients with diabetes without clinically detectable retinopathy. *BMC Ophthalmol*, 2021;21:192.
2. HIRANO T, KAKIHARA S, TORIYAMA Y *et al*. Wide-field en face swept-source optical coherence tomography angiography using extended field imaging in diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol*, 2018;102:1199-1203.
  3. CUI Y, ZHU Y, WANG JC *et al*. Comparison of widefield swept-source optical coherence tomography angiography with ultra-widefield colour fundus photography and fluorescein angiography for detection of lesions in diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol*, 2021;105:577-581.
  4. PICHI F, SMITH SD, ABOUD EB *et al*. Wide-field optical coherence tomography angiography for the detection of proliferative diabetic retinopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020;258:1901-1909.
  5. RUSSELL JF, FLYNN HW JR, SRIDHAR J *et al*. Distribution of diabetic neovascularization on ultra-widefield fluorescein angiography and on simulated widefield OCT angiography. *Am J Ophthalmol*, 2019;207:110-120.
  6. KHALID H, SCHWARTZ R, NICHOLSON L *et al*. Widefield optical coherence tomography angiography for early detection and objective evaluation of proliferative diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol*, 2021;105:118-123.
  7. SCHWARTZ R, KHALID H, SIVAPRASAD S *et al*. Objective evaluation of proliferative diabetic retinopathy using OCT. *Ophthalmol Retina*, 2020;4:164-174.
  8. ISHIBAZAWA A, NAGAOKA T, YOKOTA H *et al*. Characteristics of retinal neovascularization in proliferative diabetic retinopathy imaged by optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016;57:6247-6255.
  9. SALZ DA, DE CARLO TE, ADHI M *et al*. Select features of diabetic retinopathy on swept-source optical coherence tomographic angiography compared with fluorescein angiography and normal eyes. *JAMA Ophthalmol*, 2016;134:644.
  10. COUTURIER A, MANÉ V, BONNIN S *et al*. Capillary plexus anomalies in diabetic retinopathy on optical coherence tomography angiography. *Retina*, 2015;35:2384-2391.
  11. WANG M, GARG I, MILLER JB. Wide field swept source optical coherence tomography angiography for the evaluation of proliferative diabetic retinopathy and associated lesions: a review. *Semin Ophthalmol*, 2021;36:162-167.
  12. ARYA M, SOROUR O, CHAUDHRI J *et al*. Distinguishing intraretinal microvascular abnormalities from retinal neovascularization using optical coherence tomography angiography. *Retina*, 2020;40:1686-1695.
  13. COUTURIER A, REY PA, ERGINAY A *et al*. Widefield OCT-angiography and fluorescein angiography assessments of nonperfusion in diabetic retinopathy and edema treated with anti-vascular endothelial growth factor. *Ophthalmology*, 2019;126:1685-1694.
  14. FAWZI AA, FAYED AE, LINSSENMEIER RA *et al*. Improved macular capillary flow on optical coherence tomography angiography after panretinal photocoagulation for proliferative diabetic retinopathy. *Am J Ophthalmol*, 2019;206:217-227.
  15. RUSSELL JF, AL-KHERSAN H, SHI Y *et al*. Retinal nonperfusion in proliferative diabetic retinopathy before and after panretinal photocoagulation assessed by widefield OCT angiography. *Am J Ophthalmol*, 2020;213:177-185.
  16. LEVIN AM, RUSU I, ORLIN A *et al*. Retinal reperfusion in diabetic retinopathy following treatment with anti-VEGF intravitreal injections. *Clin Ophthalmol*, 2017;11:193-200.
  17. CUI Y, ZHU Y, WANG JC *et al*. Imaging artifacts and segmentation errors with wide-field swept-source optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy. *Transl Vis Sci Technol*, 2019;8:18.
  18. TAN B, SIM YC, CHUA J *et al*. Developing a normative database for retinal perfusion using optical coherence tomography angiography. *Biomed Opt Express*, 2021;12:4032-4045.

---

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