

ROYAUME DU MAROC  
UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

FES



## OCT DU POLE POSTERIEUR : QUEL APPORT ?

MEMOIRE PRESENTEE PAR :

**Docteur OUARDA NEJJARI**

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALISTE EN MEDECINE

Option : OPHTALMOLOGIE

Sous la direction de Professeur TAHRI HICHAM

Session Mai 2014

# PLAN

Introduction .....	5
Rappels anatomiques et physiologiques :.....	7
A. Rappel anatomique .....	8
B. Rappel physiologique .....	17
Matériels et méthodes .....	19
Résultats .....	23
1. Epidémiologie .....	24
2. Motif de demande de l'OCT .....	26
3. Résultats de l'OCT .....	27
3.1. OCT maculaire.....	27
3.2. OCT en mode glaucome.....	32
Discussion .....	33
A. Historique de l'OCT.....	34
B. Les principes de l'OCT.....	35
1. La lumière .....	36
2. Interaction de la lumière avec le tissu rétinien .....	37
3. Les différentes configurations de l'OCT.....	37
C. Réalisation de l'OCT.....	39
1. Installation du patient.....	39
2. Acquisition de l'examen .....	41
3. Analyse des images .....	42
4. Les limites de l'OCT .....	42
D. Interprétation de l'image en OCT .....	43
1. Sémiologie et base d'interprétation des images.....	43

2. Coupes linéaires .....	43
3. Epaisseur rétinienne .....	44
4. Plans rétiens .....	44
5. Tabulation de l'épaisseur rétinienne.....	45
6. données normatives de l'OCT .....	45
7. Macula normale .....	50
8. Aspect normal de l'image OCT en mode glaucome .....	52
E. OCT pathologique .....	54
1. OCT maculaire.....	54
1.1. Rétinopathie diabétique .....	54
1.2. Pathologie inflammatoire .....	60
1.3. DMLA.....	66
1.4. Occlusions veineuses rétiniennes .....	70
1.5. Pathologie traumatique .....	73
1.6. Autres.....	76
2. OCT papillaire pathologique : .....	80
2.1. Glaucome.....	80
a. Etude de l'épaisseur des fibres nerveuses péripapillaires. ....	80
b. L'étude de la papille .....	81
c. OCT maculaire dans le suivi du glaucome.....	81
2.2. Autres pathologie de la papille .....	82
F. Technologies avancées en OCT et perspectives .....	86
Conclusion .....	92
Résumé .....	94
Bibliographie .....	96

# ABREVIATIONS :

OCT	: Tomographie en cohérence optique.
DSR	: Décollement séreux rétinien.
DMLA	: Dégénérescence maculaire liée à l'âge
TD-OCT	: Time Domain Optical Coherence Tomography
SD-OCT	: Spectral Domain Optical Coherence Tomography
FD -OCT	: Fourier Domain Optical Coherence Tomography
EDI-OCT	: Enhanced depth Imaging Optical Coherence Tomography
SEP	: Sclérose en plaque
MIOCT	: Microscope integrated optical coherence tomography
RNFL	: Epaisseur de la couche des fibres neuro-rétiniennes.
CGM	: Complexe cellulaire ganglionnaire maculaire
OMC	: Œdème maculaire cystoïde.
OVCR	: Occlusion de la veine centrale de la rétine.
OBVR	: Occlusion de branche veineuse de la rétine
OACR	: Occlusion de l'artère centrale de la rétine
DPV	: Décollement postérieur du vitré
MEM	: Membrane épimaculaire
CRSC	: Chorioretinite séreuse centrale
AI-AE	: Article interne-article externe
PR	: Photorécepteur
EP	: Epithélium pigmentaire

# INTRODUCTION

La tomographie en cohérence optique est une technologie très récente, apparue en 1996. Il est la deuxième révolution en imagerie du pôle postérieur après l'angiographie rétinienne à la fluorescéine.

En utilisant une lumière dans le domaine infrarouge, il réalise des images des différentes strates rétinienne selon leur réflectivité.

Il ne cesse de donner lieu à de nouvelles générations d'appareils partageant des caractéristiques communes :

- Acquisition sans contact,
- facilité de réalisation,
- non invasive,
- en temps réel.

Tous les appareils utilisent la même technologie basée sur un système d'interferométrie, et qui va pouvoir d'analyser des images de la rétine et de la papille, d'une résolution micrométrique qui ne cesse de s'améliorer.

Par exemple, l'échographie offre une précision de l'ordre de 150 $\mu$ , l'OCT de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> génération de 10 à 15 $\mu$ , le stratus ou OCT3 de 8 à 10 $\mu$  et les OCT en Spectral Domaine de 5 à 7 $\mu$ .

L'OCT permet de faire une étude de la macula, de la papille et de la macula en module glaucome.

Il permet de poser certains diagnostics, de confirmer d'autres, de faire un suivi régulier de certaines pathologies surtout chroniques (maculopathie diabétique, la dégénérescence maculaire liée à l'âge, les occlusions vasculaires rétinienne) et d'apporter des renseignements pronostiques.

Le but de ce travail est de présenter le profil des pathologies rencontrées dans notre service d'Ophtalmologie du CHU Hassan II de FES nécessitant une étude par OCT, de décrire les différents renseignements apportés par celui-ci et de faire une revue de littérature.

# **RAPPEL ANATOMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE**

## A. Rappel anatomique :

### 1. La rétine centrale : (1, 2, 3)

Fine membrane tapissant la surface interne du globe, la rétine est un tissu neurosensoriel, capable de capter les rayons lumineux et de transmettre les informations visuelles au système nerveux central.

Issue du neuroblaste, c'est une structure nerveuse constituée de neurones et de cellules gliales, que la microscopie optique puis électronique a permis de mieux connaître.

Elle est caractérisée par la présence de cellules hautement spécialisées, les photorécepteurs.

L'aspect de la rétine varie de la zone centrale à la périphérie.

Sa double vascularisation est fournie par un système artériel propre, issu de l'artère centrale de la rétine et par un apport de voisinage situé au niveau de la chorio-capillaire.

#### 1.1. Anatomie macroscopique de La rétine centrale: (figures 1 et 2)

Située au pôle postérieur de l'œil, dans l'écartement des artères temporales supérieure et inférieure.

C'est une membrane de coloration rosée, transparente, bien vascularisée.

Elle comprend la foveola, la fovéa, la région maculaire.

§ La favéola, dépression centrale de la fovéa, située à deux diamètres papillaires en dehors du bord temporal de la papille, a un diamètre de 200 à 300  $\mu$ .

§ La fovéa, zone elliptique de 2 mm de large pour 1 mm de hauteur, comprend la favéola au centre, et le clivus qui borde latéralement la dépression foveolaire. Les capillaires rétiniens s'arrêtent à 300  $\mu$  du centre

de la foveola, limitant ainsi une aire avasculaire centrale de 500 à 600  $\mu$  de diamètre.

§ La région maculaire est formée par la fovéa, les régions parafovéale et péri fovéale qui entourent la fovéa.

Sur son versant interne, elle est en contact avec le vitré par l'intermédiaire de la membrane hyaloïde à laquelle elle adhère fortement au niveau de la macula, la papille et les vaisseaux.

Par l'intermédiaire de son feuillet externe, l'épithélium pigmentaire, elle est solidaire de la choroïde.

#### Vascularisation artérielle :

-La rétine reçoit son apport sanguin par un double système :

-La choriocapillaire vascularise les couches externes et notamment les photorécepteurs. Elle joue un rôle fondamental dans la vascularisation fovéolaire.

-Un système d'artères intrarétiniennes, branches de l'artère centrale de la rétine, prend en charge l'apport artériel aux couches internes de la rétine. A ce réseau, peuvent s'ajouter des artères surnuméraires comme les artères ciliorétiniennes.

#### Vascularisation veineuse :

Le drainage veineux de la rétine est assuré principalement par la veine centrale de la rétine associée rarement aux veines ciliorétiniennes.

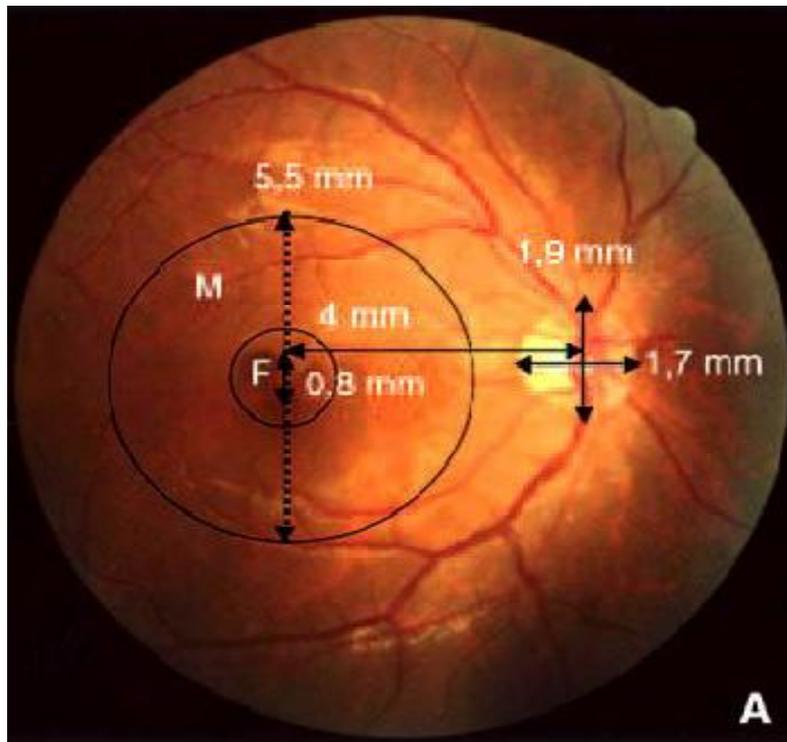


Figure 1 : Photo du fond d'œil : F: fovéa, M : macula (1)

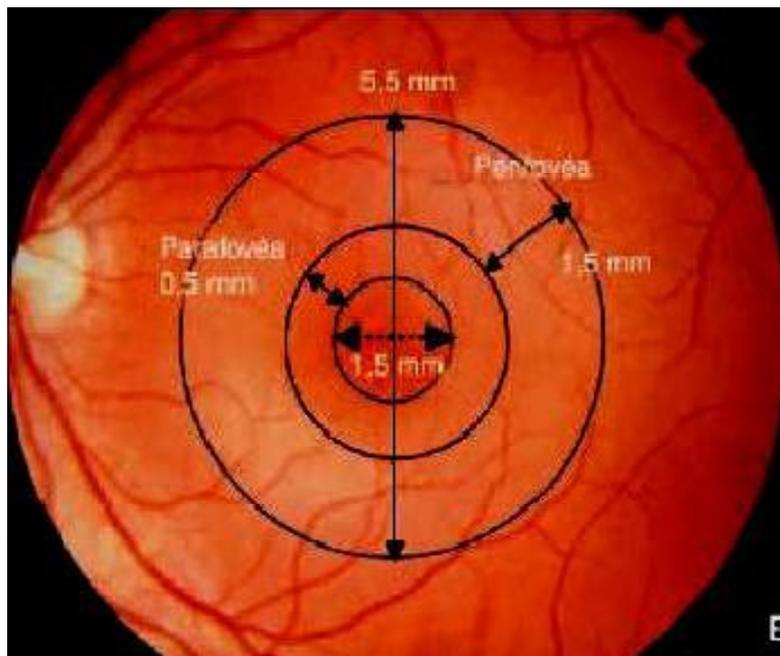


Figure 2 : Photo du fond d'œil (1)

## 1.2. ANATOMIE MICROSCOPIQUE : (figure 3)

La région maculaire :

-La fovea, région centrale, située au pôle postérieur du globe oculaire, comprend deux parties : la foveola, dépression centrale et le clivus qui forme un bourrelet autour de la fovéola.

La fovéola ne contient pas de capillaires rétiniens.

-Les capillaires rétiniens réapparaissent à 300  $\mu$  du centre de la fovéola, formant l'arcade périfovéolaire qui limite l'aire avasculaire centrale.

-Au pourtour de la fovea, la région maculaire se poursuit par la parafovea puis la périfovea.

a- La rétine neurosensorielle :

Elle est composée de plusieurs couches. On trouve de l'intérieur vers l'extérieur :

- Membrane limitante interne,
- couche des fibres optiques,
- Couche de cellules ganglionnaires (CG),
- Couche plexiforme interne,
- Couche nucléaire interne,
- Couche plexiforme externe,
- Couche nucléaire externe (noyaux des photorécepteurs),
- Membrane limitante externe,
- Article externe des photorécepteurs.

La fovéola est constituée par une rétine très mince: 130  $\mu$  d'épaisseur. Cette minceur caractéristique est due à l'absence des couches internes : nucléaire interne, plexiforme interne, couche des cellules ganglionnaires et des fibres optiques.

b- L'épithélium pigmentaire :

Couche la plus externe de la rétine, elle s'étend de la papille à l'ora serrata, où elle se prolonge par l'épithélium pigmenté du corps ciliaire.

Les cellules épithéliales : présentent un ensemble de systèmes jonctionnels qui les solidarisent les unes aux autres ; du pôle basal vers le pôle apical, on retrouve : des « gap junctions », des zonulae occludentes imperméables (véritable siège de la barrière hématorétinienne externe), des zonulae adhérentes, perméables.

Les rôles de l'épithélium pigmentaire sont représentés par :

- Rôle d'écran, plus ou moins opaque, en fonction du degré de pigmentation,
- Siège d'échanges : hydro-électrolytiques, d'oxygène, par des phénomènes de transport passifs ou actifs,
- Rôle dans le métabolisme de la vitamine A,
- Phagocytose des articles externes des photorécepteurs.

L'épithélium pigmentaire adhère fortement à la membrane de Bruch.

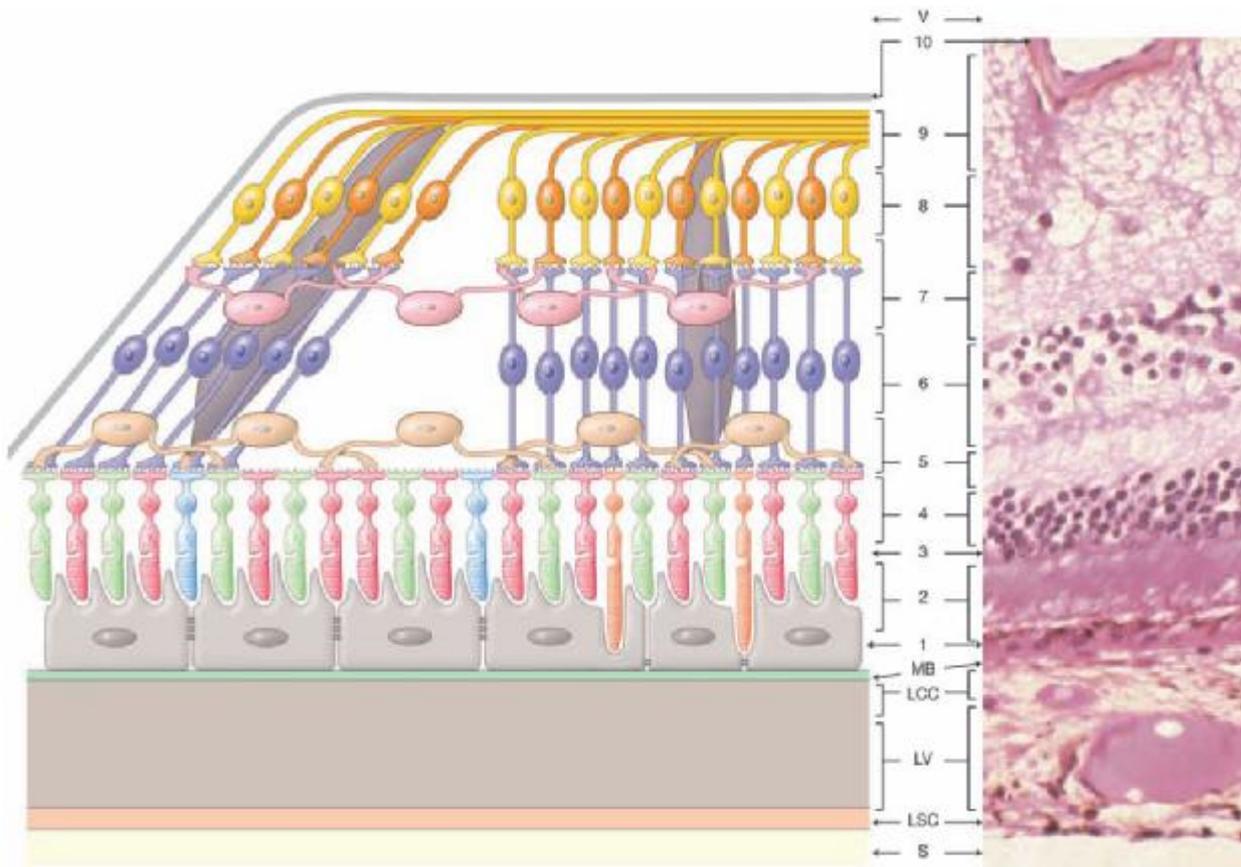


Figure 3 : Couches rétinienne et distribution des principales cellules rétinienne.

1. Épithélium pigmentaire rétinien. 2. Articles externes des photorécepteurs. 3. Membrane limitante externe. 4. Couche nucléaire externe (corps cellulaires des photorécepteurs). 5. Couche plexiforme externe. 6. Couche nucléaire interne. 7. Couche plexiforme interne. 8. Couche des noyaux des cellules ganglionnaires. 9. Couche des axones des cellules ganalionnaires. 10. Limitante interne.

Nature des cellules rétinienne : épithélium pigmentaire, unistratifié et jointif (gris-noir) ; photorécepteurs : cônes (rouge, vert, bleu ciel) et bâtonnets (orange) ; cellules horizontales (jaune) ; cellules bipolaires (autre couleur que orange mais alternance clair et foncé) ; cellules amacrines (rose) ; cellules ganglionnaires (bleu clair et bleu foncé) ; cellules de Müller (brun).

Sur la droite, une distribution verticale des cellules gliales (cellules de Müller), bipolaires et ganglionnaires est représentée, correspondant à la rétine périphérique et, à gauche du schéma, il existe une disposition oblique de ces cellules gliales et neuronales de deuxième et troisième ordres, ce qui correspond au bord de la fovéola. S, sclère ; SC, couche suprachoroïdienne ; C, choroïde ; CC, couche choriocapillaire ; MB, membrane de Bruch ; V, vitré. (3)

## 2. La papille :

Elle est légèrement ovalaire à grand axe vertical. Son diamètre est de 1,5 mm. Elle est située à 3,5 mm en dedans et 1 mm au dessus du pôle postérieur de l'œil. La papille est plus petite chez l'hypermétrope, et plus large chez les myopes.

A son niveau, émerge l'artère centrale de la rétine et se forme le tronc de la veine centrale de la rétine.

Dépourvue de cellules photo-réceptrices, la zone papillaire est « aveugle » et repérable sur le champ visuel par la tache aveugle de Mariotte.

La rétine péripapillaire est épaisse, du fait surtout de la concentration à son niveau des fibres optiques.

### 2.1. Anatomie macroscopique : (4)

On peut distinguer à la papille deux parties : l'excavation papillaire et la bordure neurorétinienne.

#### a. Excavation papillaire :

C'est la portion centrale de la tête du nerf optique dépourvue de toute fibre axonale. L'excavation papillaire est chiffrable chez le sujet normal de  $0,73 \pm 0,59$  mm<sup>2</sup> avec des écarts de 0,0 à 3,07 mm<sup>2</sup>. Le diamètre vertical est habituellement plus petit, de 7,7 %, que le diamètre horizontal.

#### b. Rapport Cup/Disc :

Il s'évalue horizontalement et/ou verticalement, au niveau du plus large diamètre du disque optique et du plus large diamètre de l'excavation dans le même axe. Il s'exprime en dixièmes.

Compte-tenu des variations inter-individuelles de la taille de la papille et, partant, de la taille de l'excavation physiologique, la valeur brute du rapport C/D n'a aucune signification diagnostique.

c. Anneau neuro-rétinien (figure 4 et 5):

Rose-orangé, regroupement des fibres optiques à l'entrée du canal scléral. Il est généralement plus épais dans le secteur inférieur que dans le secteur supérieur, et plus épais dans le secteur nasal que dans le secteur temporal. Un moyen mnémotechnique pour se rappeler ces variations d'épaisseur est la règle « ISNT » (de moins en moins épais : inférieur, puis supérieur, puis nasal, puis temporal). Ces différences sont moins marquées dans les disques de grande taille, où l'anneau neuro-rétinien se répartit plus concentriquement sur le pourtour du disque.

d. Anneau scléral péripapillaire :

Cet anneau apparaît sous la forme d'une ligne blanche. Il réalise une séparation entre les portions intrapapillaire et péripapillaire qui correspond au calcul de la surface réelle de la tête du nerf optique.

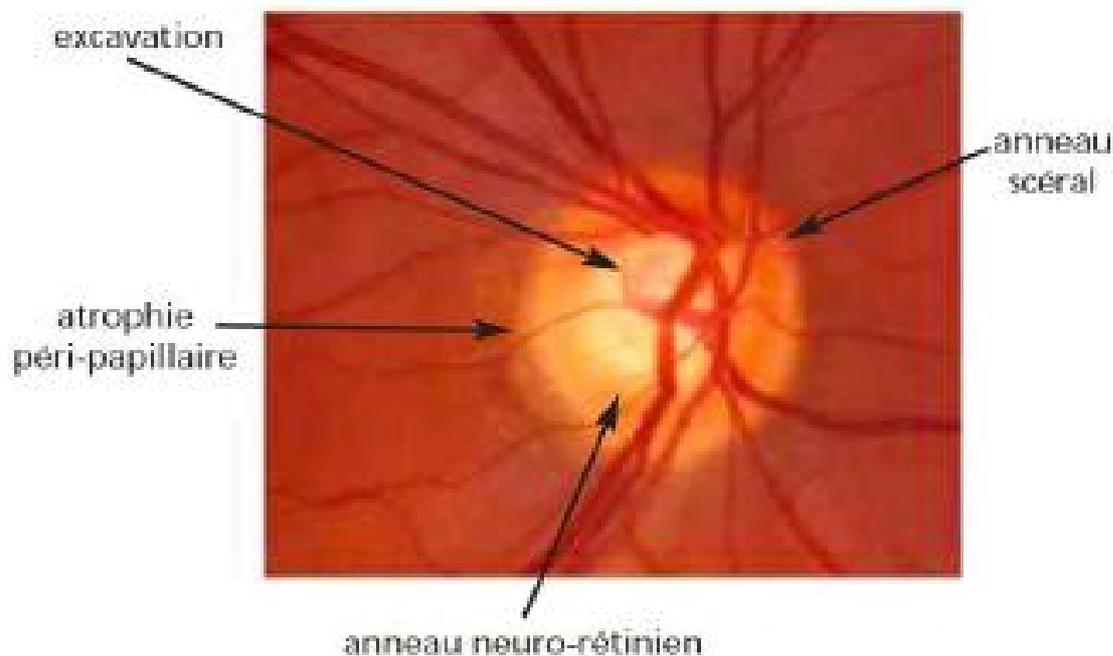


Figure 4 : Papille droite normale (5)

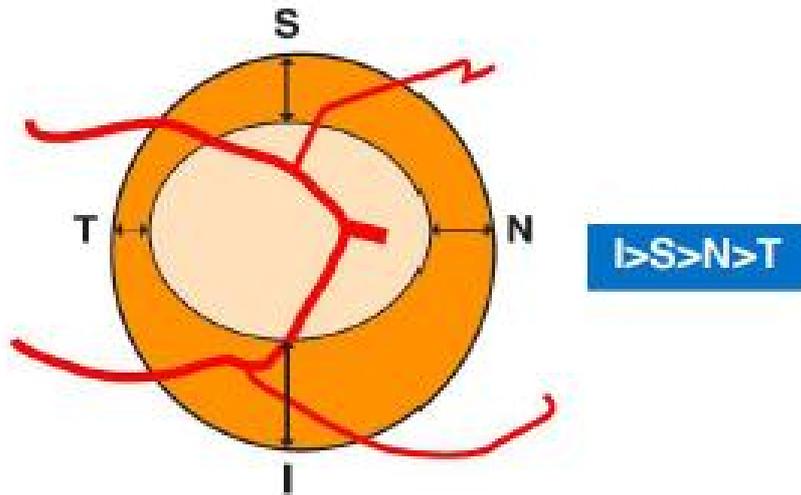


Figure 5 : Règle ISNT sur un schéma de papille droite excavée physiologiquement : l'anneau neuro-rétinien est plus épais en bas qu'en haut, puis plus en nasal qu'en temporal (5)

e. Vascularisation de la tête du nerf optique : (6)

Couche des fibres rétinienne : vascularisée presque exclusivement par les artérioles rétinienne. Si une artère cilio-rétinienne est présente la couche des fibres sous-jacentes est sous la dépendance de la circulation ciliaire courte postérieure.

Portion prélaminaire : branches des artères choroïdiennes péri-papillaires issues des artères ciliaires courtes postérieures.

Lame criblée : par des branches centripètes issues directement des artères ciliaires courtes postérieures ou à partir du cercle artériel de Zinn-Haller.

Portion rétrolaminaire : par réseau artériel ciliaire court postérieur par l'intermédiaire des artères choroïdiennes péri-papillaires qui cheminent sous la gaine du nerf optique.

Le drainage veineux se fait par la veine centrale de la rétine, les veines choroïdiennes et les veines des gaines méningées.

## 2.2. Anatomie microscopique :

La tête du nerf optique comprend 3 parties :

- Portion pré-laminaire : Située en avant de la lame criblée, limitée par la rétine et la choroïde, qui se termine à distance de l'anneau scléral. Elle comporte les axones amyéliniques des cellules ganglionnaires rétiniennes, et les vaisseaux rétiens centraux entourés d'un manchon astrocytaire.
- Portion intra-laminaire : Il s'agit d'un tamis formé par environ 200 à 300 orifices irréguliers limités par les expansions des lamelles de collagènes et des fibres élastiques.
- Portion rétro-laminaire : C'est le point de départ du nerf optique proprement dit en arrière de la lame criblée. A ce niveau, les gaines méningées séparent la sclère du nerf optique.

## B. Rappels physiologiques :

### 1. Barrière hémato-rétinienne: (7)

La barrière hémato-rétinienne est formée d'une composante externe, l'épithélium pigmenté de la rétine et d'une composante interne, l'endothélium vasculaire rétinien, elle empêche les échanges entre le vitré et la lumière vasculaire.

Ces deux membranes possèdent des jonctions inter-cellulaires de type zonula occludens très étanches. Cette BHR présente une grande analogie avec la barrière hémato-cérébrale.

L'épithélium pigmenté de la rétine assure l'étanchéité entre la rétine et la choroïde dont l'endothélium des capillaires est fenêtré.

Des marqueurs spécifiques de la BHR et de la barrière hémato-encéphalique ont été mis en évidence.

- Le transporteur du glucose GLUT-1.
- La protéine ZO-1 (zonula occludens 1) spécifique des jonctions serrées.

## 2. Pression intra-oculaire : (8)

La PIO résulte de l'équilibre s'établissant entre le contenu du globe (cristallin, vitré, uvée et HA) et son contenant (coque cornéosclérale), le rôle essentiel étant joué par l'HA.

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'HA, 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'HA 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.

# **MATERIELS ET METHODES**

Il s'agit d'une étude rétrospective sur les malades vus en unité d'explorations du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de FES ayant bénéficié d'une OCT du pôle postérieur sur une période de 6 mois allant du mois de Mai 2013 à Octobre 2013.

Description de notre appareil : (figure 6)

Il s'agit de « TOPCON 3D OCT 2000 » faisant partie des séries d'OCT du domaine spectral avec une caméra de haute résolution d'image et non mydriatique. C'est un interchangeable appareil photo numérique de 12,3 Mpx qui acquiert des images très détaillées.

Cet OCT permet de réaliser 50.000 A-Scan par seconde. Sa résolution est de l'ordre de 7 à 10 $\mu$ .

Il dispose de 3 protocoles d'analyse : (figure 7)

- Segment antérieur.

- Macula : line scan 6,0

3D scan 6,0\*6,0

Radial scan 6,0

- Glaucome : 3D scan 7,0\*7,0

3D scan : 6,0\*6,0

Circle scan 3,40

La base de donnée de cet OCT est stockée et connectée aux différents appareils de notre service par le biais d'un software appelé : « IMAGEnet i-base ».



Figure 6 : Appareil 3D OCT 2000 TOPCON (notre service)



Figure 7 : Protocole d'analyse macula (photo à gauche : flèche jaune) et protocole glaucome (photo à droite : (flèche rouge) (notre service)

Les données recueillies dans notre étude sont établies sur une fiche d'Excel 2007 traitée par le logiciel SPSS statistics 20 en collaboration avec Dr. Désiré Ousmane du Laboratoire d'épidémiologie du CHU Hassan II de FES.

On a réalisé une étude descriptive des aspects épidémiologiques, des motifs de réalisation de l'OCT et différents résultats obtenus par l'OCT maculaire et papillaire.

# RESULTATS

563 patients, ont bénéficié d'une OCT entre le mois de Mai et le mois d'Octobre 2013.

## 1. Epidémiologie :

### a. L'âge :

L'âge moyen de nos patients est de : 53,5 ans avec des extrêmes entre 5 et 88 ans.

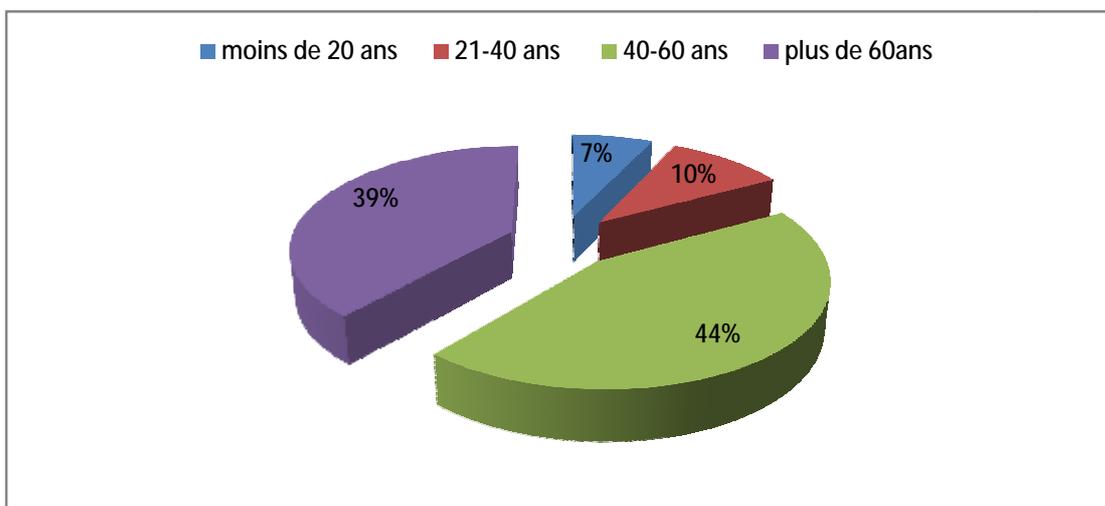


Diagramme 1 : Répartition de nos patients selon l'âge

### b. Le sexe :

On note une légère prédominance féminine avec un sex ratio H/F de 0,84.

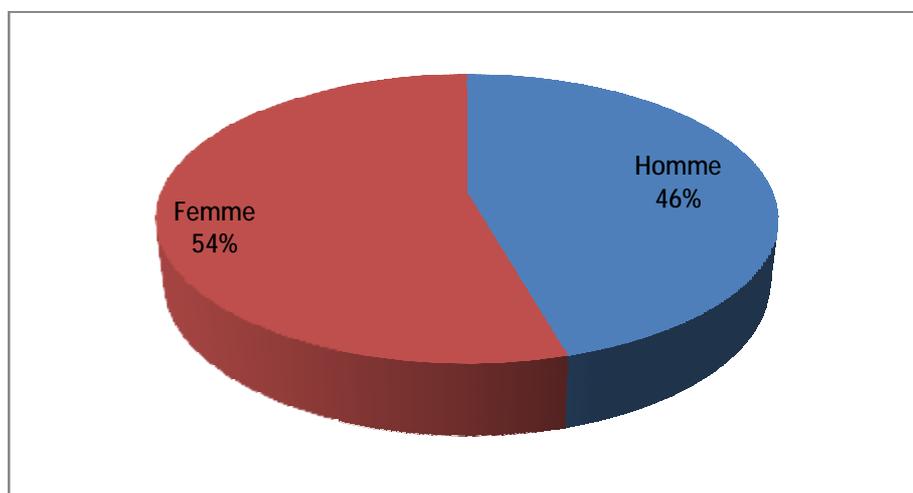


Diagramme 2 : montrant la répartition de nos patients selon le sexe

c. La couverture sanitaire:

Sur 563 patients, 396 patients sont bénéficiaires du système du RAMED et 93 sont mutualistes.

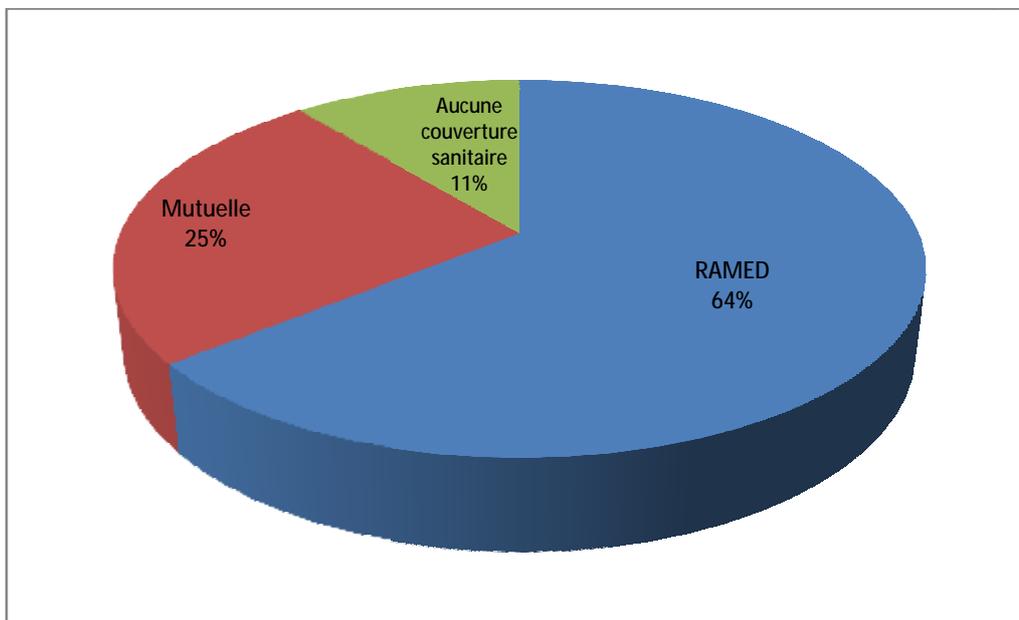


Diagramme 3 : Couverture sanitaire de nos patients

d. Milieu du suivi :

Uniquement 7 patients sont hospitalisés, 98% des patients sont suivis en ambulatoire.

## 2. Motif de demande de l'OCT :

L'indication de l'OCT maculaire la plus retrouvée est la rétinopathie diabétique (61%), suivie par les uvéites (8%), la dégénérescence maculaire liée à l'âge (6,6%), les occlusions veineuses rétiniennes (4%) et les traumatismes oculaires (3,5%). L'OCT papillaire est demandé chez 6% de l'ensemble des patients essentiellement dans le cadre d'un glaucome.

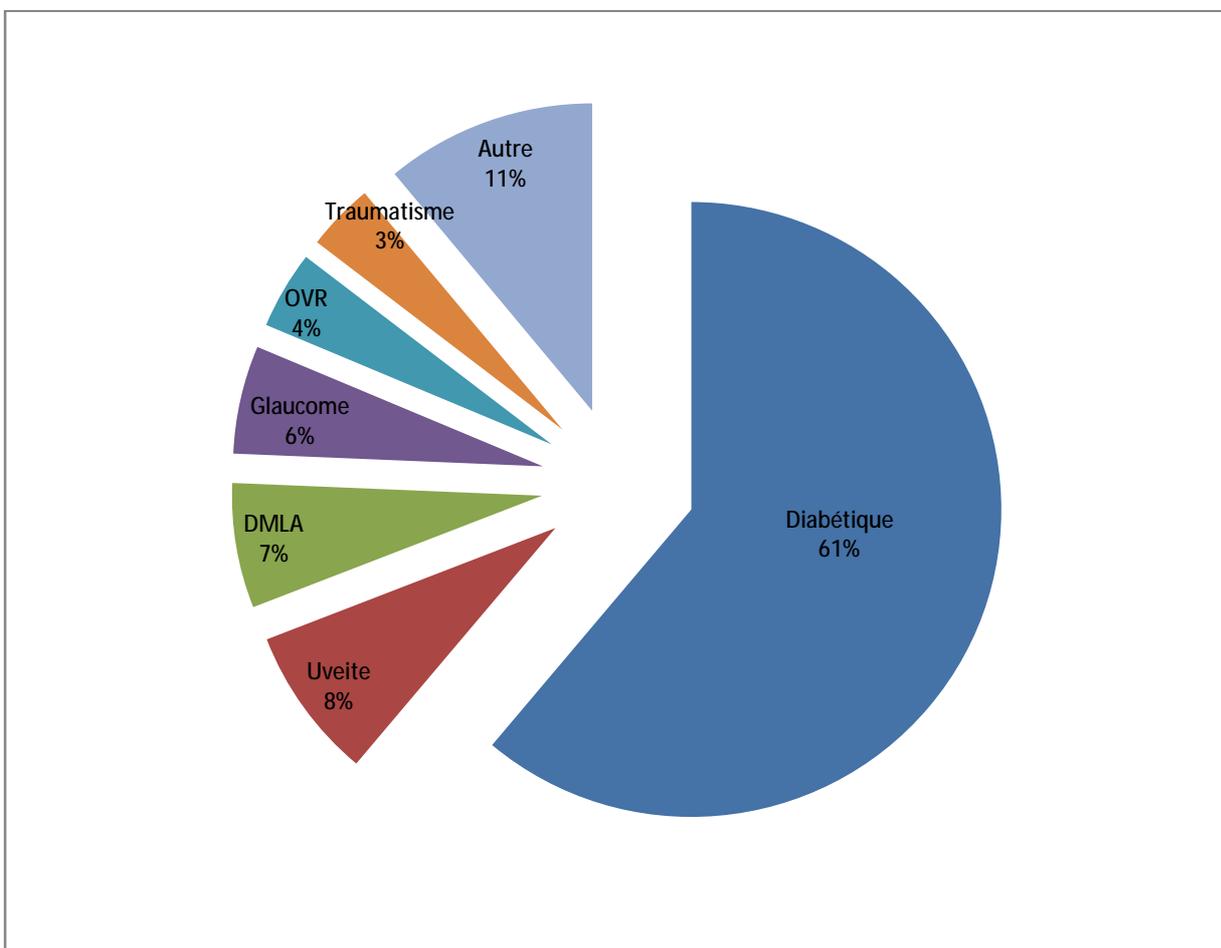


Diagramme 4 : Motif de demande de l'OCT

### 3. Résultats de l'OCT :

#### 3.1. OCT maculaire :

a. Patients diabétiques :

344 patients diabétiques sont retrouvés, soit 635 yeux. 53 patients sont soit monophtalmes, soit présentent une cataracte, une hémorragie intravitréenne gênant la réalisation de l'OCT.

L'œdème maculaire diabétique constitue la pathologie la plus fréquemment diagnostiquée par l'OCT chez 46,3% de nos patients, parmi lesquels l'œdème maculaire diffus représente 26,1% des yeux. Il est focal sévère dans 8,8% des yeux.

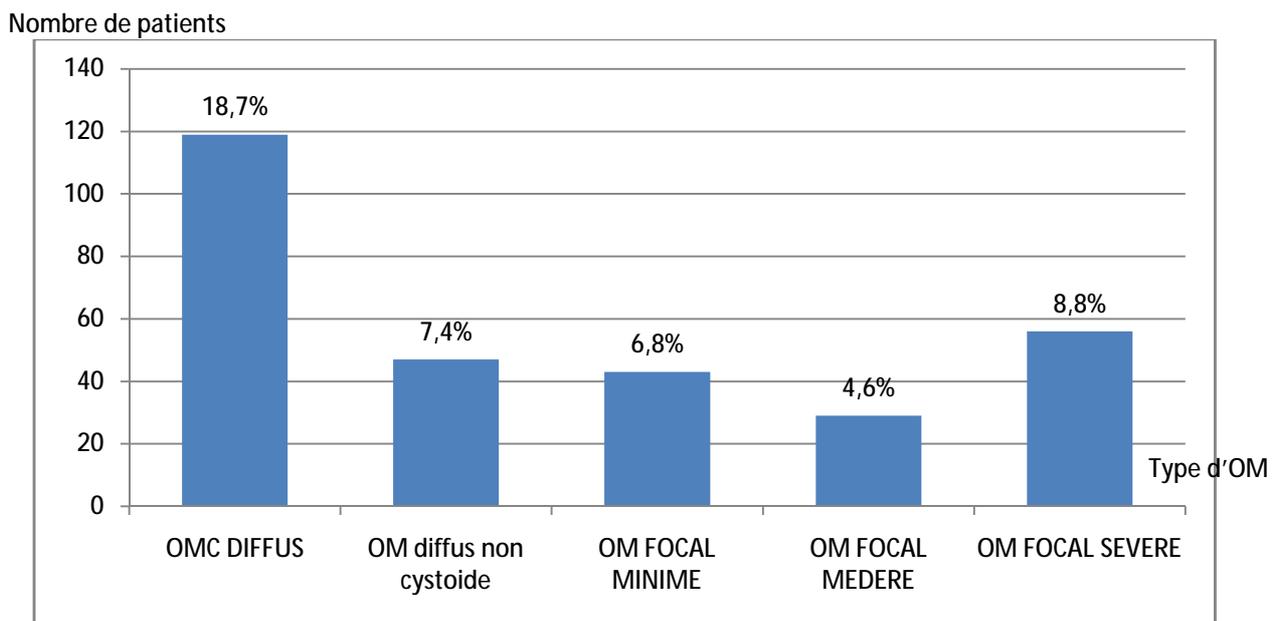


Diagramme 5 : résultats de l'OCT chez nos patients diabétiques.

L'épaisseur centrale fovéolaire est en moyenne de  $275\mu \pm 118,7$ . (137-728 $\mu$ m).

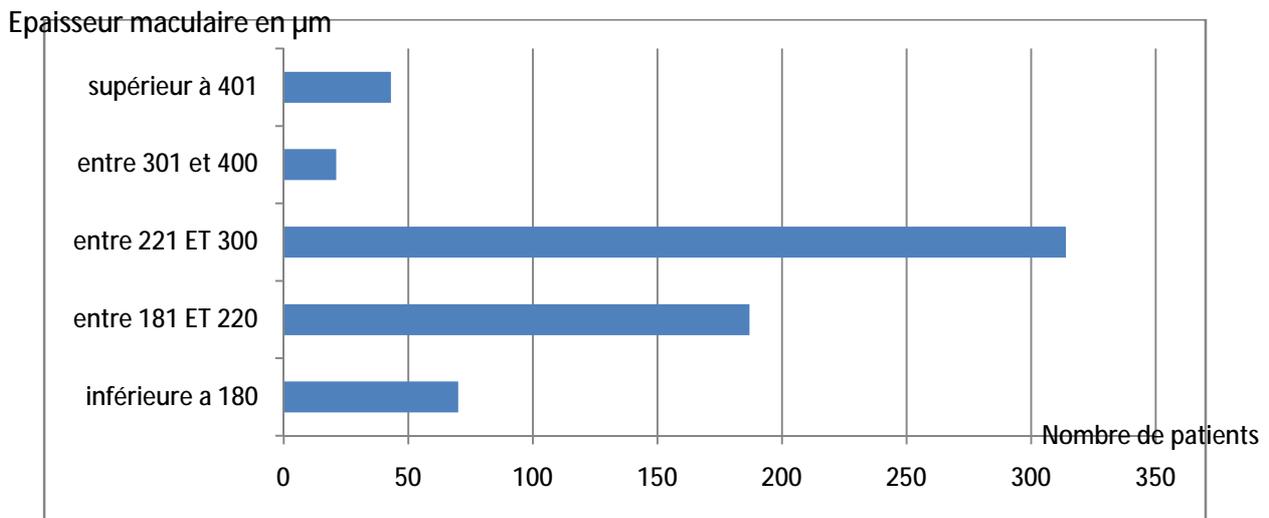


Diagramme 6 : Répartition de l'épaisseur maculaire centrale.

On note une atrophie maculaire avec une épaisseur maculaire inférieure à 180 dans 70 yeux soit 11% de l'ensemble des yeux.

Les autres lésions associées diagnostiquée à l'OCT sont :

- Membrane épimaculaire : est présente dans 20,97% des yeux (132 yeux).

Il existe une relation significative entre la présence de membrane épimaculaire et l'augmentation de l'épaisseur maculaire centrale avec un  $P < 0,005$  au test Khi deux de Pearson.

- Décollement postérieur du vitré : Un DPV partiel est visible sur l'OCT chez 182 des yeux soit 28,66% des yeux.
- Traction vitréo-maculaire : retrouvé chez 2,7% des yeux (17 yeux).
- Le DSR fovéolaire est présent chez 6,5% (41 yeux) des yeux des patients diabétiques non visible sur le fond d'œil.
- La couche des photorécepteurs est altérée chez 58,11% des yeux (369 yeux).

- Les exsudats maculaire au niveau de la zone analysée sont notés dans 64,57% des yeux (410 yeux).
- La couche des cellules de l'épithélium pigmentaire est altérée dans 7,8% des yeux (50 yeux)

b. Uvéite :

On a colligé 45 patients qui présentent une uvéite, soit 90 yeux.

L'épaisseur maculaire centrale moyenne est de  $244,38\mu \pm 97,7$  (50-586).

Une atrophie maculaire avec une épaisseur maculaire moyenne de  $156,23\mu \pm 24,6$  (50- 179) dans 34,4% des yeux.

L'œdème maculaire et la membrane épimaculaire sont les atteintes les plus fréquentes (33,3% - 38,9%).

Une désorganisation architecturale est présente chez

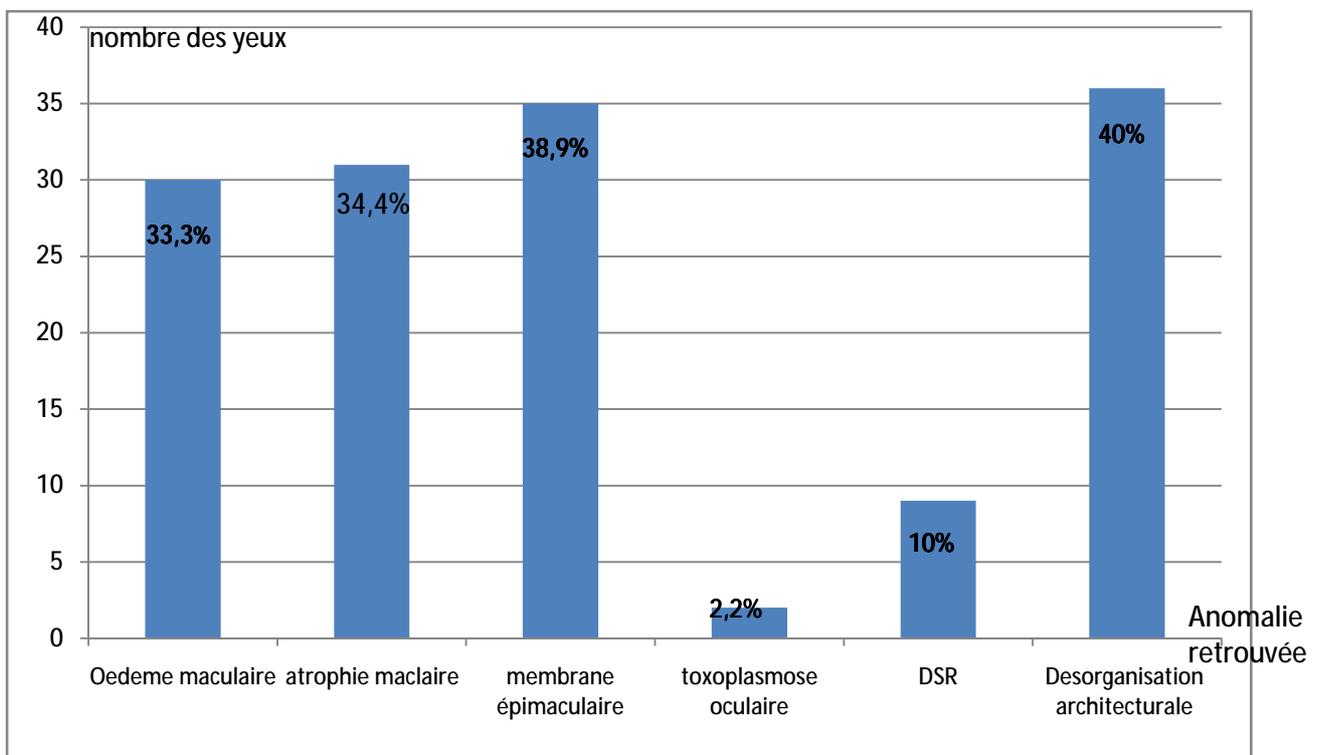


Diagramme 6 : Résultats de l'OCT maculaire dans le cadre des uvéites

c. DMLA :

37 patients sont recensés soit 74 yeux.

L'épaisseur rétinienne moyenne est de  $317\mu\text{m}$  ( $67 - 466\mu\text{m}$ ).

Un tiers des yeux de nos patients (33,78% correspondant à 25 yeux) présentent une DMLA atrophique.

19 yeux (25,7%) présentent une DMLA exsudative avec néovaisseau choroïdien maculaire et une épaisseur maculaire centrale moyenne de  $337,6\mu\text{m} \pm 72,6$ .

Le DSR est noté chez 5 patients.

Les drusens maculaires sont notés chez 29,7% des cas.

La couche de l'épithélium pigmentaire est altérée dans 79,7% des yeux soit 59 yeux.

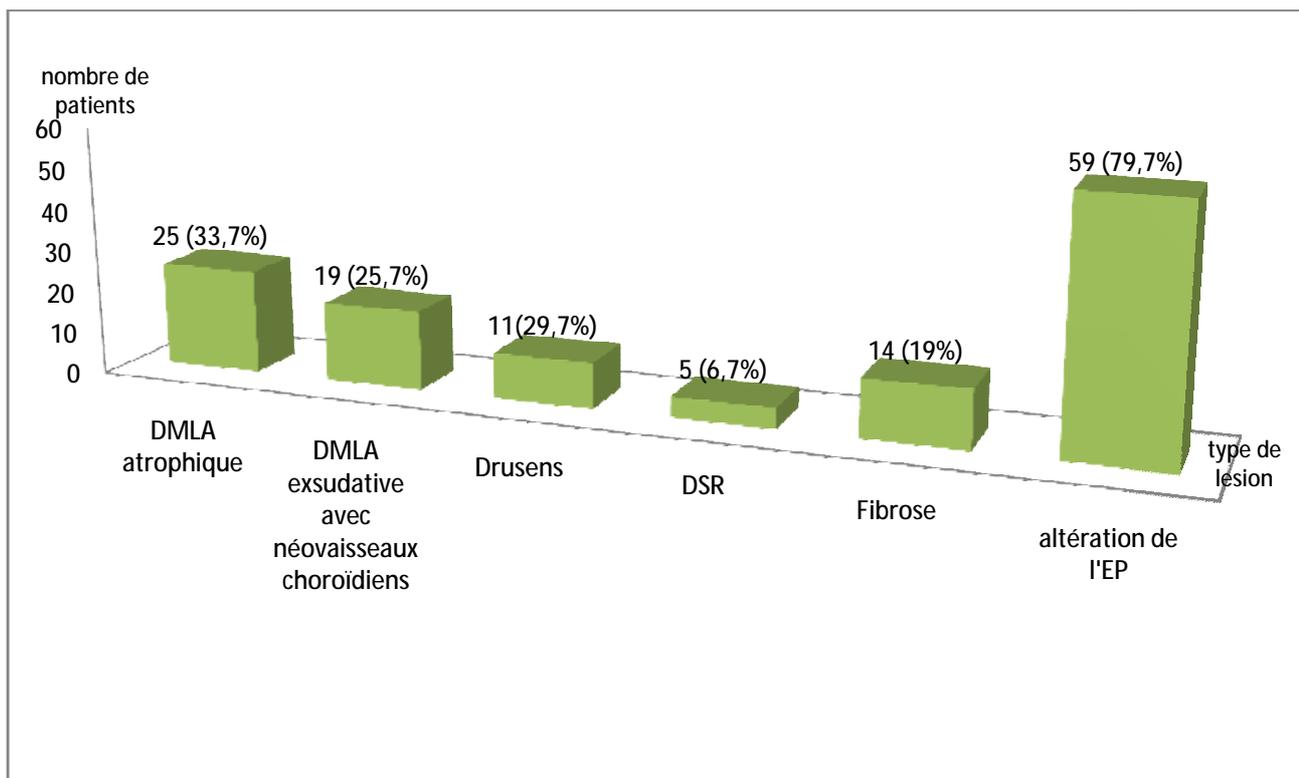


Diagramme 7 : Dégénérescence Maculaire Liée à l'âge

d. Les occlusions veineuses rétinienne :

23 patients sont retrouvés. L'atteinte est unilatérale chez tous ces patients.

Epaisseur maculaire moyenne est de  $316\mu \pm 171,9$  (97-888 $\mu$ ).

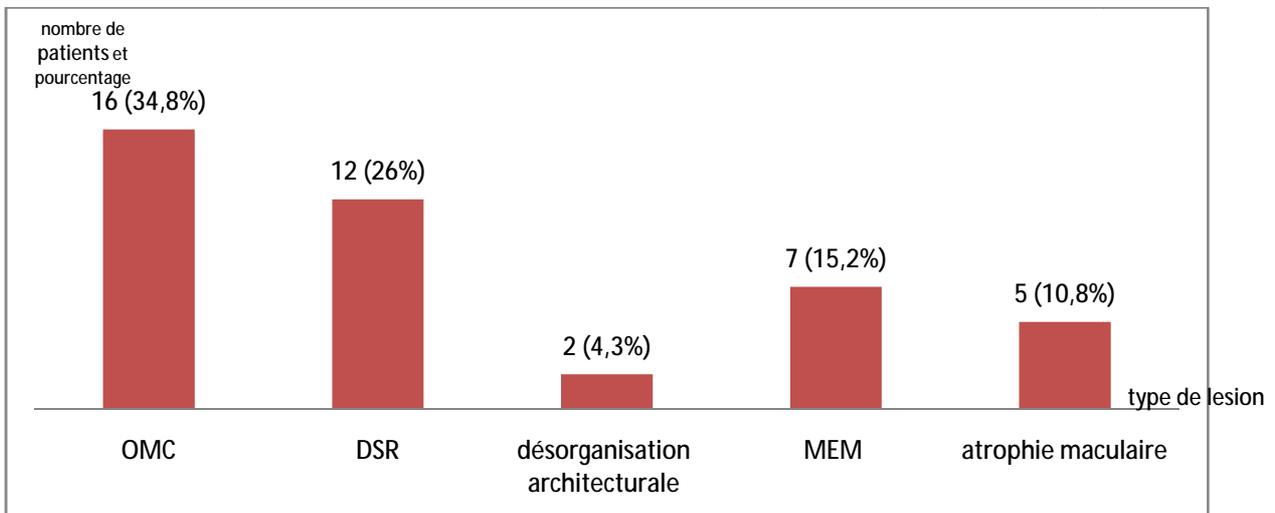


Diagramme 8 : Atteinte maculaire sur occlusion veineuse rétinienne.

e. Traumatismes oculaires :

20 patients ont bénéficié d'un examen OCT dans le cadre d'un traumatisme oculaire.

Ils représentent 3% de l'ensemble des motifs de demande de l'OCT maculaire.

L'œdème de Berlin est objectivé chez 3 patients et le trou maculaire chez 2 patients.

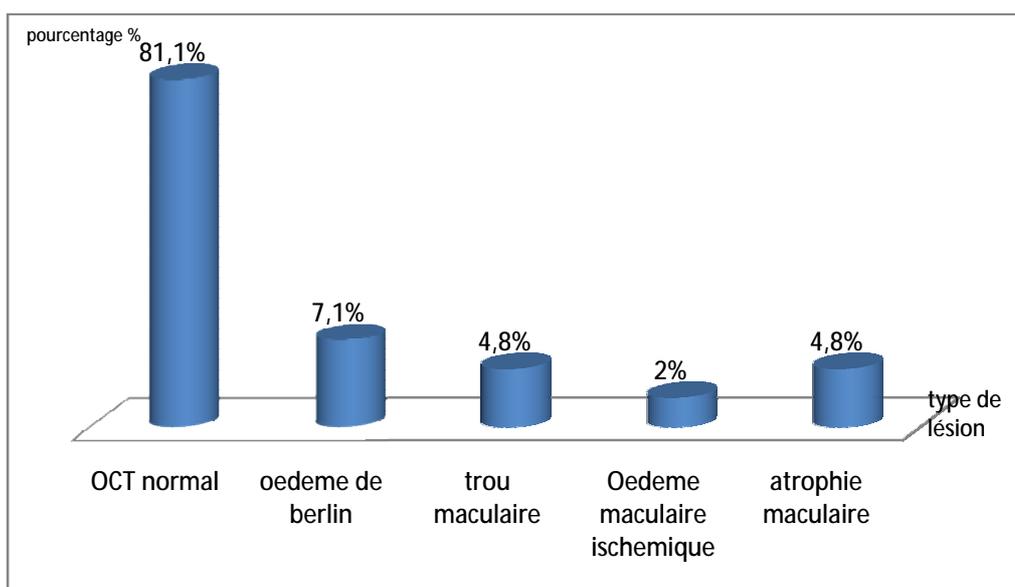


Diagramme 9 : résultats de l'OCT maculaire chez les patients victimes de traumatisme oculaire

### 3.2. OCT en mode glaucome :

On a recensé 32 patients dont 28% ont un glaucome avéré (9 patients).

Un OCT papillaire et un OCT maculaire en mode glaucome sont réalisés pour évaluer la couche RNFL et le complexe ganglionnaire rétinien.

L'OCT montre que la couche des fibres optiques péripapillaires est normale dans 50% des yeux. L'amincissement est modéré dans 34,38% des yeux.

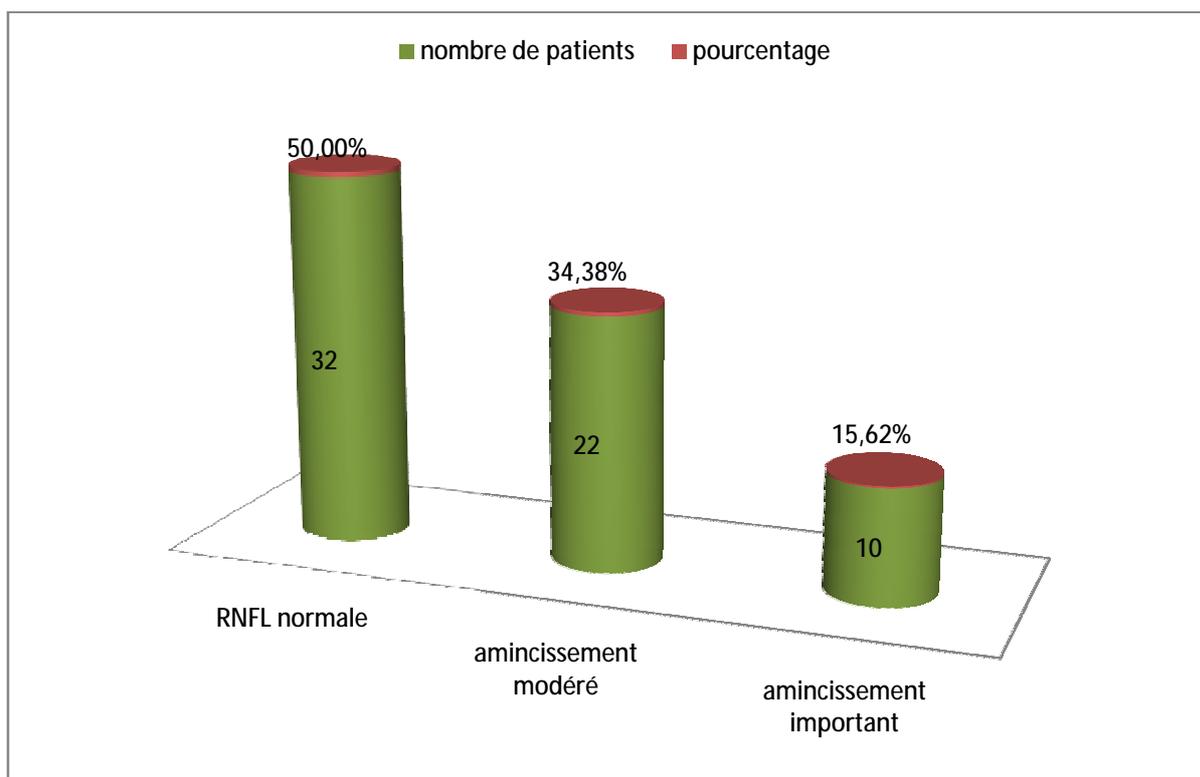


Diagramme 10 : étude de la couche de RNFL par l'OCT

Ces patients ont bénéficié également d'une OCT maculaire pour l'étude de la couche des cellules ganglionnaires. L'étude montre une altération dans 62,5% des yeux.

# DISCUSSION

L'OCT est une nouvelle méthode de haute résolution qui permet de visualiser en coupes successives et continues les différentes structures de la rétine. La base physique de cette technologie dépend du contraste de réflectivité optique entre les différentes microstructures du tissu.

Combinée à l'examen clinique, à l'ophtalmoscopie directe et indirecte, à l'angiographie à la fluorescéine et aux différents tests visuels, l'OCT est un moyen diagnostique puissant pour une variété de pathologies oculaires. Dans certains cas, le diagnostic final peut être directement fait à partir des images de l'OCT.

## A. Historique de l'OCT: (9)

Les premières images en coupe optique de la rétine in vitro ont été publiées en 1991 dans un numéro de science par Huang, Swanson et Puliafito. En 1995, le même groupe a publié les premières coupes OCT in vivo de la rétine d'yeux humains normaux et pathologiques.

Le premier appareil d'OCT a été commercialisé en fin de 1996 par Humphrey Instruments avec une résolution de près de 10 $\mu$ m. un nouvel appareil (stratus OCT ou OCT3, Carl Zeiss Meditec), permettant une précision accrue (8 $\mu$ m), est disponible depuis 2002.

En 2006, une nouvelle génération d'appareil utilisant une autre technique désignée par le terme de spectral domain ou Fourier domain (la technique classique étant nommée Time Domain) est arrivée sur le marché. Cette technique permet, grâce à l'utilisation d'un spectromètre, une amélioration spectaculaire de la vitesse d'acquisition des images (25 000 à 40 000 scans par seconde).

La résolution de ces appareils s'est également améliorée passant à 5-6  $\mu\text{m}$  et la possibilité est apparue pour certaines machines de travailler en mode confocal (scanning Laser Ophtalmoscopy OCT : SLO-OCT).

## B. Les principes de la tomographie en cohérence optique (OCT) : (10, 11)

Pour l'œil, il existe globalement deux modes d'opérations utilisés pour l'OCT, celui du segment antérieur et un autre mode pour le pôle postérieur. Dans ce manuscrit on ne traitera que ce dernier.

La technique de l'OCT repose sur l'interférométrie en lumière qui est bien établie et qui, en fait, a été décrite la première fois par Isaac Newton. Et durant ces dernières années, l'interférométrie par faible cohérence est considérée comme moyen d'exploration de haute résolution pour la mesure des fibres optiques et des tissus rétinien.

Contrairement aux techniques utilisant les ultrasons, l'OCT utilise la lumière proche infrarouge (sa longueur d'onde est proche de 800 nm) non ionisante, à faible cohérence de phase, et un interféromètre à fibre optique pour réaliser des images en coupe de l'échantillon.

En ophtalmologie, la tomographie par cohérence optique (OCT) utilise la réflexion de cette lumière par les différentes structures anatomiques pour mesurer l'épaisseur rétinienne et les fibres optiques.

La figure 8 schématise un interféromètre optique : Un faisceau optique d'une source lumineuse émet une lumière de faible cohérence qui est dirigé sur un miroir semi- réfléchissant (diviseur de faisceau optique). Le miroir étant partiellement réfléchissant divise la lumière en deux faisceaux : un faisceau est réfléchi et l'autre est transmis. Un faisceau de lumière est dirigé sur l'œil du patient, et est réfléchi

par les structures intraoculaires à des distances différentes. Le faisceau lumineux réfléchi par l'œil du patient, est constitué d'échos multiples qui donnent des informations sur l'intervalle ou la distance et l'épaisseur des différentes structures intraoculaires. Le deuxième faisceau est réfléchi par un miroir de référence à une position spatiale connue. Ce faisceau optique de référence rétro - réfléchi se déplace vers le miroir partiel (diviseur de faisceau) où il se combine avec le faisceau optique réfléchi à partir de l'œil du patient.

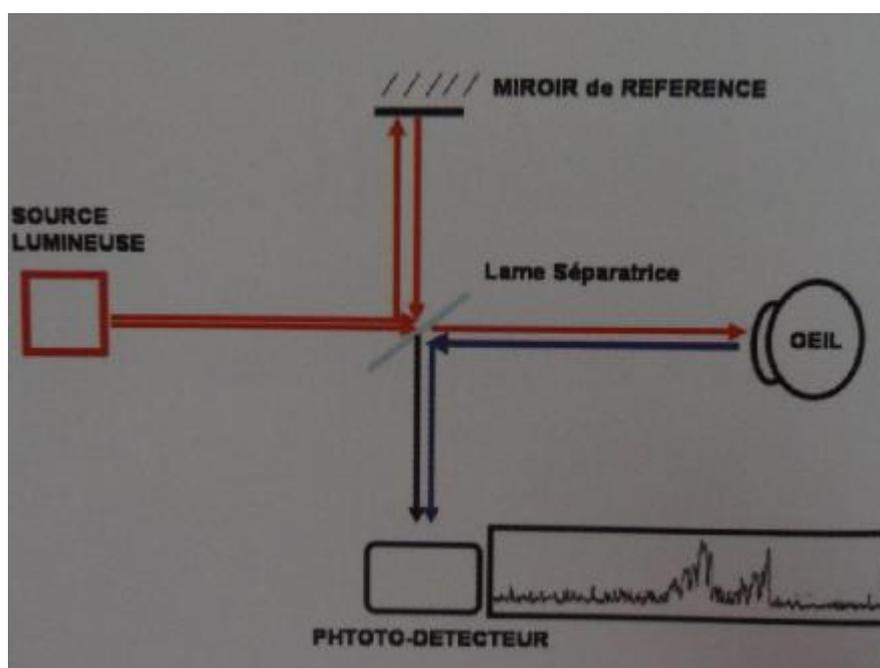


Figure 8 : système d'interférométrie optique. (15)

## 1. La lumière : (9)

Ce sont les propriétés ondulatoires ( c'est-à-dire électromagnétique) de la lumière qui expliquent les phénomènes d'interférence exploités dans la technique de l'OCT.

Les ondes associées aux photons peuvent entretenir entre elles des relations constantes au cours de leur propagation. Elle est dite cohérente.

Pour réaliser un appareil OCT, il est nécessaire d'utiliser des sources faiblement cohérentes, alors que dans certains lasers (ex laser femtoseconde) fournissent des rayons dont la cohérence temporelle est importante.

## 2. Interaction de la lumière avec le tissu rétinien : (9)

Lorsque les rayons lumineux se propagent dans un milieu inhomogène tel que la rétine, ils subissent de nombreuses réflexions sur les membranes plasmiques des cellules. La lumière se propageant dans ces conditions est dite diffusée. Une fraction de cette lumière diffusée peut atteindre le détecteur. Elle participe ainsi à la formation du signal détecté.

## 3. Les différentes configurations d'OCT : (12)

Il existe différentes configurations d'OCT selon la méthode d'acquisition et de traitement du signal interférométrique :

OCT conventionnel ou Time Domain OCT.

OCT fréquentiel ou Spectral Domain OCT.

OCT plein champs.

### 3.1. Tomographie par cohérence optique temporelle :

Dans le domaine temporel, le miroir de référence est translaté pendant l'acquisition par le détecteur, on parle alors de tomographie par cohérence optique temporelle ou TDOCT (pour Time Domain Optical Coherence Tomography).

### 3.2. Tomographie par cohérence optique fréquentielle : (13)

En TD-OCT, on réalise l'acquisition du signal interférométrique dans l'espace temporel par balayage du miroir de référence. Il est également possible d'accomplir la détection sans déplacer le miroir de référence en se plaçant dans l'espace de

Fourier conjugué : on parle alors de tomographie par cohérence optique fréquentielle ou spectral : FDOCT ou SDOCT.

La détection consiste à déterminer le profil en profondeur en une seule acquisition, sans translation du miroir de référence, c'est-à-dire sans balayage, ce qui permet un gain en temps d'acquisition considérable par rapport au TD-OCT.

Le profil axial n'est donc plus enregistré en fonction du temps mais en fonction de la fréquence ou de la longueur d'onde. Et il existe donc un codage en longueur d'onde de la profondeur oculaire, les courtes longueurs d'onde correspondent à la rétine interne tandis que les grandes longueurs d'onde correspondent à la rétine externe. (Figure 9)

### 3.3. Tomographie par cohérence optique plein champs : (13)

Alors que les OCT temporelle et fréquentielle produisent des images en coupe axiale, l'OCT plein champ réalise des images en coupe transverse.

L'imagerie OCT plein champ (full-field OCT : FF-OCT) fonctionne sans balayage dans les directions x ou y. Ce type d'imagerie utilise des détecteurs bidimensionnels, offre l'avantage de s'affranchir du balayage latéral, possède une vitesse d'acquisition beaucoup plus rapide et permet une résolution transversale meilleure. Ces instruments offrent des images transversales *en-face* en temps réel avec la capacité de créer des images 3D.

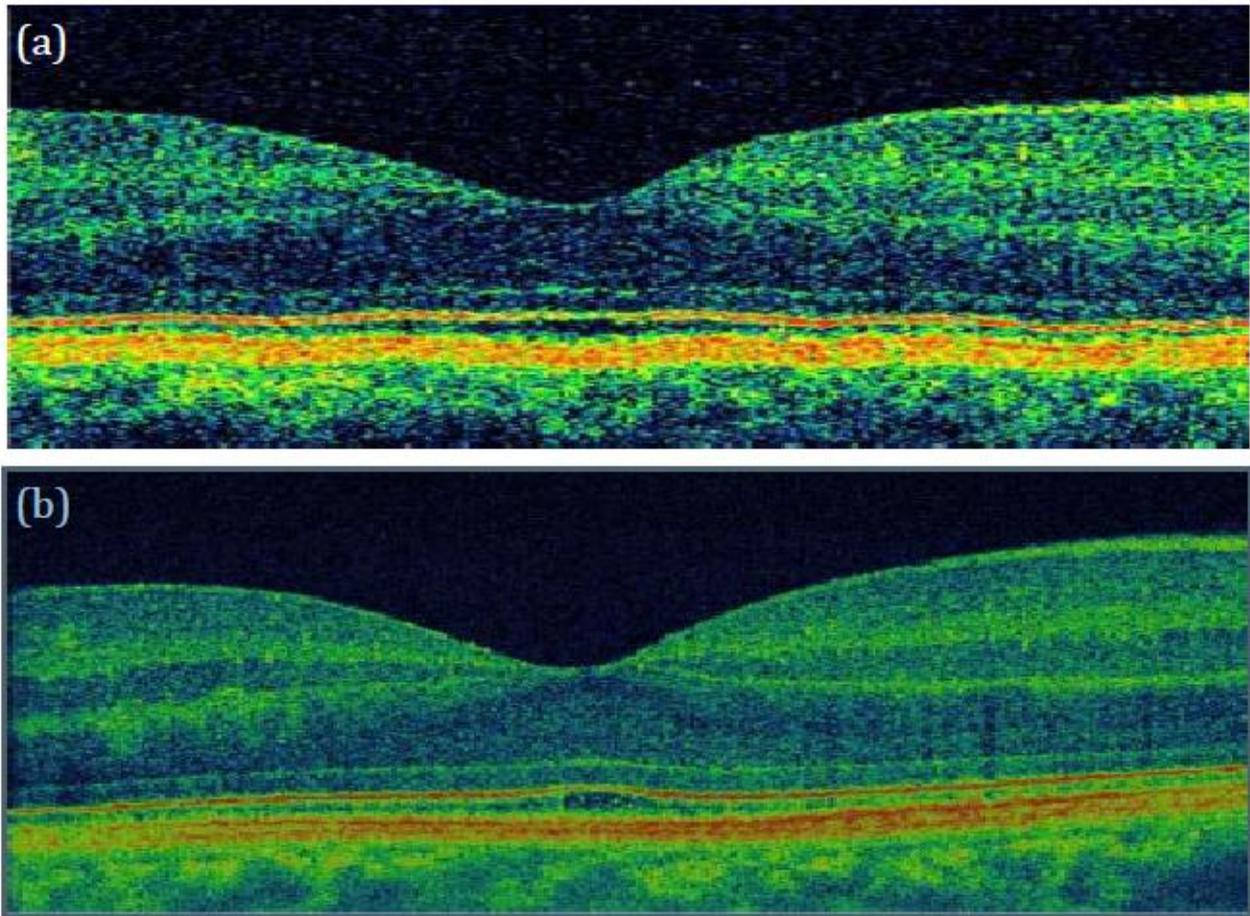


Figure 9 : Images de rétine obtenues avec un dispositif OCT temporelle (a) et un dispositif d'OCT fréquentielle (b) (14)

## C. Réalisation pratique de l'OCT :

### 1. Installation du patient : (Figure 10)

Le patient doit être confortablement installé. Le menton bien posé sur la mentonnière et le front appuyé en avant. Il est important de bien régler la hauteur de la table d'examen et de la chaise du patient pour éviter les mouvements de la tête.

#### a. Appareils en Time Domain : (16)

Il est le plus souvent indispensable de procéder à une dilatation pupillaire afin de réaliser l'acquisition des images du pôle postérieur et encore plus lorsqu'il s'agit d'une image papillaire.

En effet les limites de l'examen sont représentés par :

- L'impossibilité de maintenir la position assise.
- L'âge inférieur à 3ans.
- Un tremblement incoercible de la tête.
- Un trouble important des milieux.
- Un myosis.
- Des images du pôle postérieur uniquement.

b. Appareils en spectral Domain : (15)

Ces appareils qui ont une acquisition plus rapide et une plus grande facilité d'acquisition, ne nécessitent plus de dilatation pupillaire préalable. Aussi bien pour les images rétiniennes que pour celles de la papille.

Les limites :

- Impossibilité de maintenir la position assise.
- Enfant moins de 3ans.
- Troubles importants des milieux.

En effet, pour les gens qui ont des mouvements incoercibles de la tête, on peut réaliser des coupes sériées de la rétine ou « 5 line Raster », mais pas de « Macular Cube ».



Figure 10 : installation du patient (notre service)

## 2. Acquisition de l'examen :

Une fois l'installation du patient réalisée et ces données nominatives enregistrés dans la base de données de l'appareil, il ne reste plus qu'à choisir le ou les protocoles d'acquisition des images.

### a. Appareils en Time Domain :

De nombreux protocoles existent, aussi bien pour l'analyse maculaire que pour l'analyse papillaire. Il existe des protocoles d'acquisition rapide mais qui offrent alors une moins bonne définition et différentes tailles de cercles concentriques pour faire l'analyse papillaire.

### b. Appareils en Spectral Domain :

Les protocoles disponibles : deux « Macular Cube » (512 x 128 ou 200x200), un optic disc et des « Raster lines » dont on peut modifier l'axe et la longueur.

### 3. Analyse des images :

Une fois que le protocole a été choisi et que l'image a été acquise, le logiciel va alors réaliser une analyse informatique de ces résultats afin de construire une image artificielle réalisée avec une fausse échelle de couleurs qui sera facile à interpréter : (15)

Les couleurs sombres, bleu et noir, indiquent des structures de basse réflectivité, alors que les couleurs vives, blanc et rouge, indiquent des structures de haute réflectivité.

Les différentes structures rétinienne auront donc des couleurs différentes sur les images construites. L'épithélium pigmentaire et la couche des fibres nerveuses vont apparaître en blanc ou rouge car elles ont une importante réflectivité. La couche des cellules ganglionnaires, des photorécepteurs et de la choroïde vont apparaître en bleu-vert car elles sont moins réfléchives. Et enfin le vitré, très peu réfléchif sera coloré en noir.

Toujours à partir de ces mêmes données, le logiciel va établir l'épaisseur de la rétine, et même le volume, grâce à une échelle chromatique.

### 4. Limites de l'examen en OCT :

Les limites de l'examen sont marquées essentiellement par

- les troubles de milieux (une hyalite, une hémorragie du vitré ou une cataracte sous capsulaire)
- les difficultés de fixation des patients (glaucome avancé ou d'une pathologie dégénérative rétinienne évoluée)

Pour les patients myopes forts, lorsqu'il existe un important staphylome myopique, la ligne ne peut pas être contenue en entier dans le cadre analysé. Ces mêmes constatations sont retrouvées pour l'analyse papillaire. (16)

## D. Interprétation de l'image en OCT :

### 1. Sémiologie et base de l'interprétation des images :

Plusieurs études réalisées avec l'OCT de haute résolution ont retrouvé une grande corrélation entre le niveau de réflectivité intrarétinienne et l'histologie de la rétine.

Un des déterminants principaux de la réflectivité des tissus en OCT est l'orientation de leurs structures : les couches rétinienne disposées horizontalement, c'est-à-dire perpendiculairement à la lumière incidente, seraient plus réfléchives alors que les éléments cellulaires disposés verticalement comme les photorécepteurs, seraient les plus faiblement réfléchifs.

Dans le contexte pathologique, l'élément important dans l'interprétation de l'OCT est la connaissance des propriétés réfléchives des principales anomalies rétinienne responsable soit d'un effet ombrage ou « effet masque » par défaut de transmission de la lumière laser, ou bien d'un « effet fenêtre » par transmission et visibilité accentuée de structures plus postérieures. »

Causes rétinienne de masquage : hémorragies, exsudats, nodules cotonneux, décollement de l'épithélium pigmentaire, hyperpigmentations, dépôt de matériel autofluorescent, néovaisseaux choroïdiens, drusens séreux, foyers inflammatoires, fibres à myéline, etc.

### 2. Coupes linéaires :

Ces coupes vont permettre de s'assurer de l'intégrité de chacune des couches formant l'épaisseur de la rétine ou bien au contraire de détecter des anomalies, qui seront décrites selon les termes appropriées à cette technique :

- Interruption de telle ou telle ligne
- Dépôt.
- Epaissement de telle couche
- Amincissement
- Hyperréflexivité
- Hyporéflexivité
- Masquage postérieur ou ombrage postérieur.
- 

### 3. Epaisseur rétinienne :

Pour mesurer l'épaisseur rétinienne, l'OCT va prendre comme mesure la distance séparant l'interface vitréo-rétinienne de la ligne de l'épithélium pigmentaire dont les repères ne sont pas identiques entre les différentes générations d'appareils.

On ne peut donc pas comparer des mesures d'épaisseur rétiniennes entre deux générations d'appareil, ni même deux appareils de différents fabricants.

La cartographie maculaire réalisée de façon automatique est plus sensible que la mesure manuelle de l'épaisseur rétinienne. (17)

### 4. Plans rétiniens :

On peut également analyser les différents plans tridimensionnels en fonction de la couche rétinienne, avec le plan de la membrane limitante interne qui est très intéressant pour les pathologies de l'interface; et le plan de l'épithélium pigmentaire qui lui est utile dans les lésions pigmentées, mais également dans les CRSC et la DMLA. (15)

## 5. Tabulation de l'épaisseur rétinienne : figure 11

Les mesures de l'épaisseur rétinienne vont permettre d'établir un graphique en secteurs de cercles, et de délimiter une épaisseur moyenne de la rétine en différents endroits en définissant plusieurs secteurs.

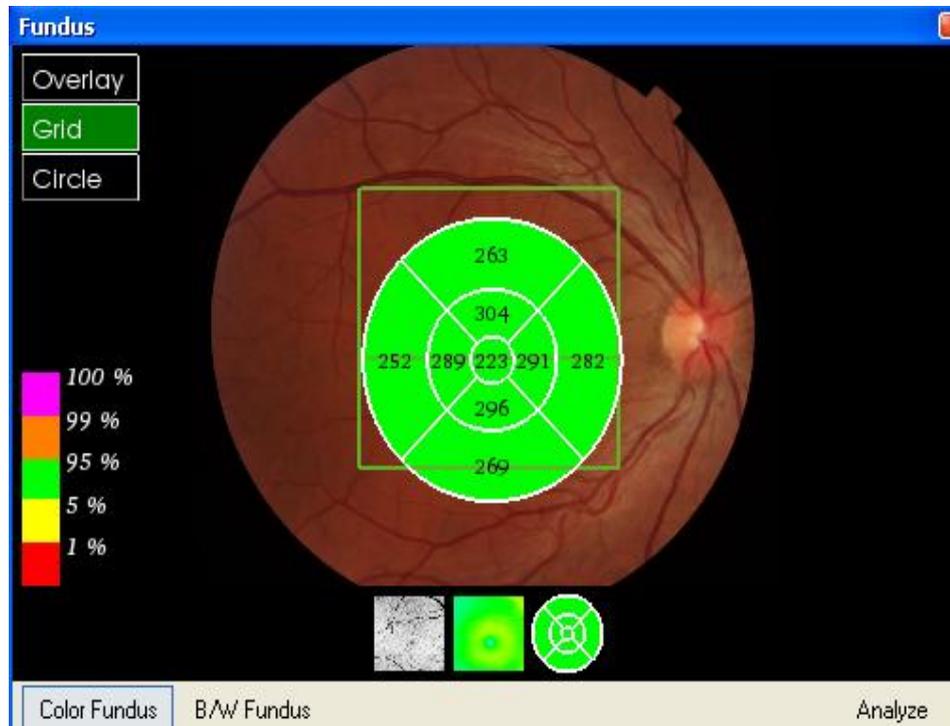


Figure 11 : Tabulation de l'épaisseur rétinienne (notre service)

## 6. Données normatives de l'OCT 3:

### a. Epaisseur fovéolaire :

L'épaisseur fovéolaire normale mesure  $200\mu \pm 20\mu$ .

On parle d'atrophie fovéolaire pour des épaisseurs inférieures ou égales à  $180\mu$  et œdème maculaire si épaisseur supérieure à  $220\mu$ .

Ces valeurs sont différentes pour l'OCT de domaine spectral.

Une différence de  $30\mu$  entre les épaisseurs fovéolaires des deux yeux est anormale. (15)

b. Cartographie maculaire ou « retinal map » : (figure 12)

Elle réalise une visualisation des moyennes relevées et un relevé de surface en 3 dimensions.

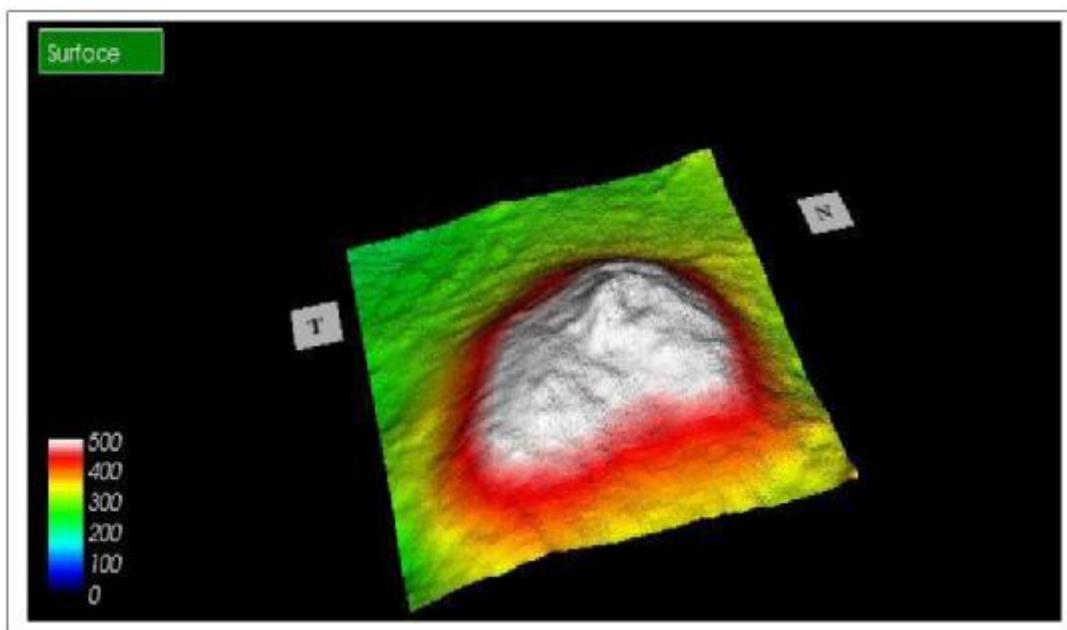


Figure 12 : Retinal map (notre service)

L'appareil OCT permet également de fournir l'ensemble des données analysées sur un rapport qu'on peut imprimer et délivrer au patient. (Figure 13)

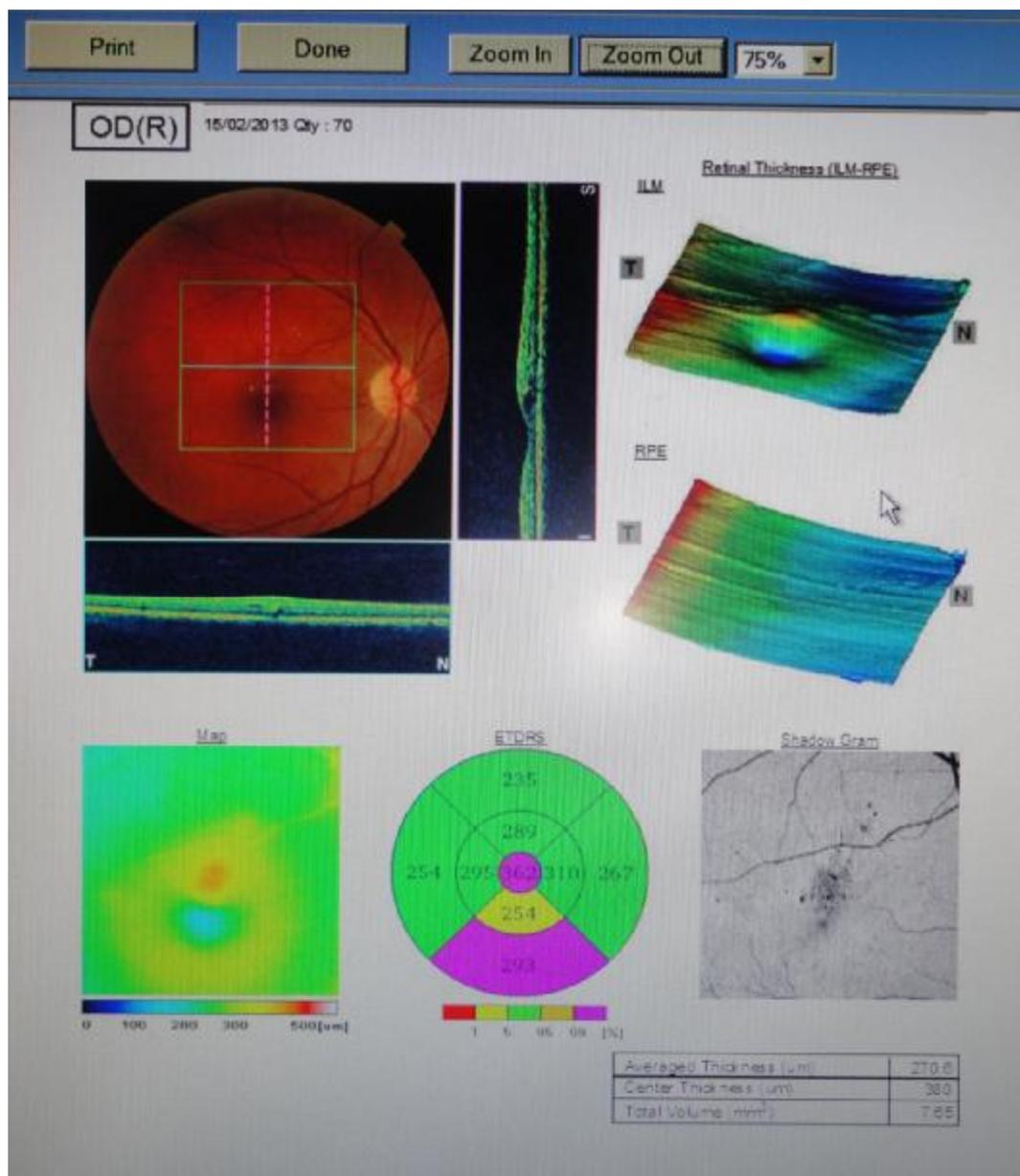


Figure 13 : Les données analysées sur un rapport (notre service)

### c. Analyse papillaire : (18)

L'examen, peu éblouissant, se fait sans contact, pupille dilatée. Une mauvaise fixation ou des troubles des milieux sont gênants pour sa réalisation.

Les plans de coupes tomographiques sont multiples : selon l'axe papillo-maculaire, ou sagittal de la macula, ou radiaire du disque optique, de 3 à 3,4 mm de diamètre. La coupe, présentée déroulée, donne une image horaire péri-papillaire.

La mesure de l'épaisseur de la couche des fibres est réalisée par l'acquisition en deux secondes de trois balayages circulaires de 1,73 mm de rayon de la région péripapillaire.

Le contour du disque optique doit être corrigé par l'examineur.

L'appareil présente également les données stéréométriques en mesurant:  
(figure 14)

- l'aire du disque (disk area) ;
- l'aire de l'excavation (cup area) ;
- l'aire de l'anneau neuro-rétinien (rim area) ;
- l'aire du ratio C/D global, horizontal et vertical (cup/ disk ratio).

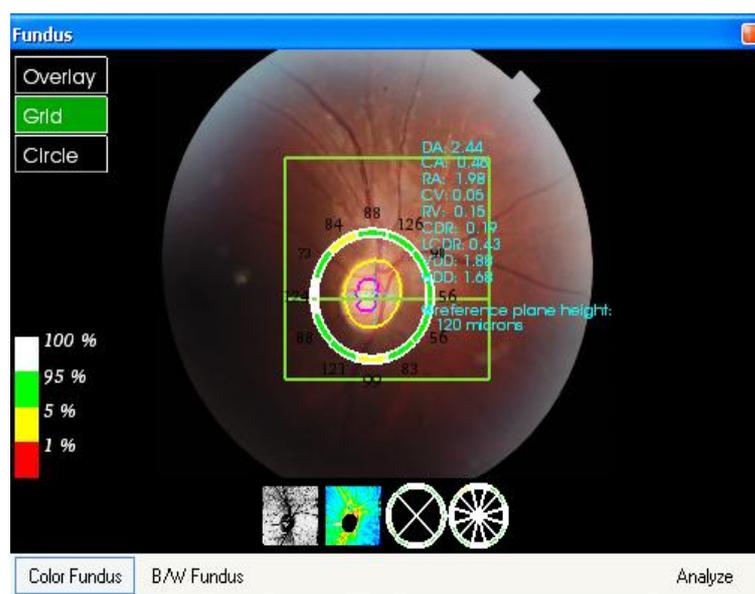


Figure 14 : segmentation du disque (notre service)

L'épaisseur de la couche des fibres peut être évaluée en différents points. Le profil de cette couche et les valeurs extrêmes sont présentés pour chaque quadrant horaire. Ces mesures permettent la comparaison avec les valeurs normales standards. (Figure 15)

L'image de la courbe des fibres optiques périrapillaires (TSNIT) est également reconstruite pour chacun des yeux, ainsi que la superposition des deux courbes pour dépister une asymétrie.

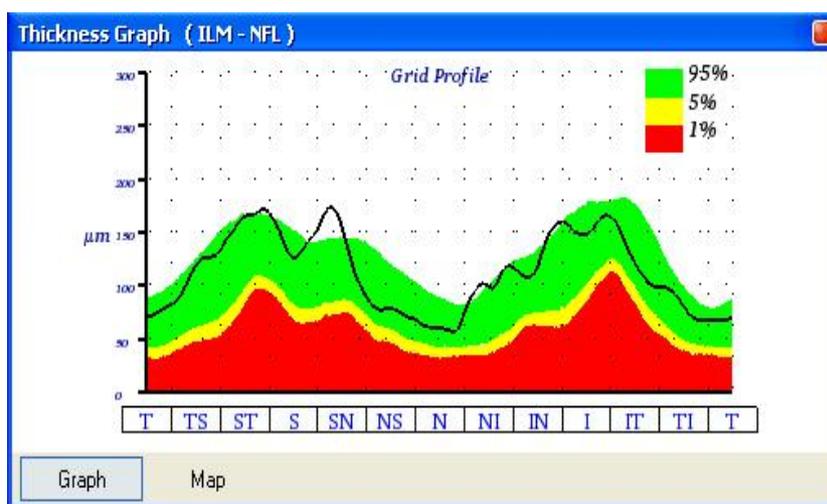


Figure 15 : Etude de la couche de RNFL (notre service)

d. Réalisation de mesures différentielles :

Les différents appareils vont permettre de réaliser des comparaisons entre les images acquises à des dates différentes.

Ainsi, on va pouvoir non seulement comparer la topographie maculaire pour le suivi de certaines pathologies de la macula comme l'œdème maculaire, mais également comparer les profils des fibres nerveuses le plus souvent au cours du suivi du glaucome.

e. Comparaison à base de données normatives :

Il existe une échelle colorée pour comparer les données mesurées à la base de données enregistrée dans le logiciel.

## 7. Macula normale :

L'OCT réalise une coupe rétinienne in vivo de la macula, avec une résolution qui est très précise.

Les images réalisées vont permettre de retrouver les différentes structures anatomiques qu'on peut distinguer grâce à leurs propriétés morphologiques. (Figure 16)

Ainsi on distingue de l'intérieur vers l'extérieur:

- L'interface vitréorétinienne est délimitée par le contraste entre le corps vitré hypo réflectif et l'hyper réflectivité de la surface de la rétine.
- Membrane limitante interne et couche des fibres optiques : c'est le premier pic de réflectivité après l'hypo réflectivité vitréenne. Du fait de la répartition physiologique des fibres optiques, cette couche est mieux visible en nasal et devient particulièrement épaisse près de la papille.
- Couche de cellules ganglionnaires (CGM) :
- Couche plexiforme interne : elle est d'hyper-réflectivité modérée. Mieux visible en OCT à 6 $\mu$ .
- Couche nucléaire interne : moins réflective que la couche plexiforme interne et externe.
- Couche plexiforme externe : elle est d'hyper-réflectivité modérée. Mieux visible en OCT à 6 $\mu$ .
- Couche nucléaire externe : moins réflective que la couche plexiforme interne et externe.
- Jonction article interne-article externe des photorécepteurs : (AI-AE des PR) cette jonction est située en avant de la couche de l'épithélium pigmentaire dont elle est séparée par une couche hyporéflective (articles ou segments externes des photorécepteurs) mieux visible au niveau de la

fovéola. L'extrémité distale du segment interne, contiendrait un corps réfringent qui expliquerait l'hyperréflexivité de cette ligne qui constitue un des signaux de la présence des photorécepteurs. (9)

- Membrane limitante externe
- Epithélium pigmentaire de la rétine et la choriocapillaire : hyper-réflexivité la plus externe. Elle est rarement dédoublée (représentée probablement de l'EP et la choriocapillaire).

Les vaisseaux rétiniens sont individualisable par leur hyper-réflexivité au niveau des couches internes avec effet ombrage de la réflectivité des couches externes. (19)

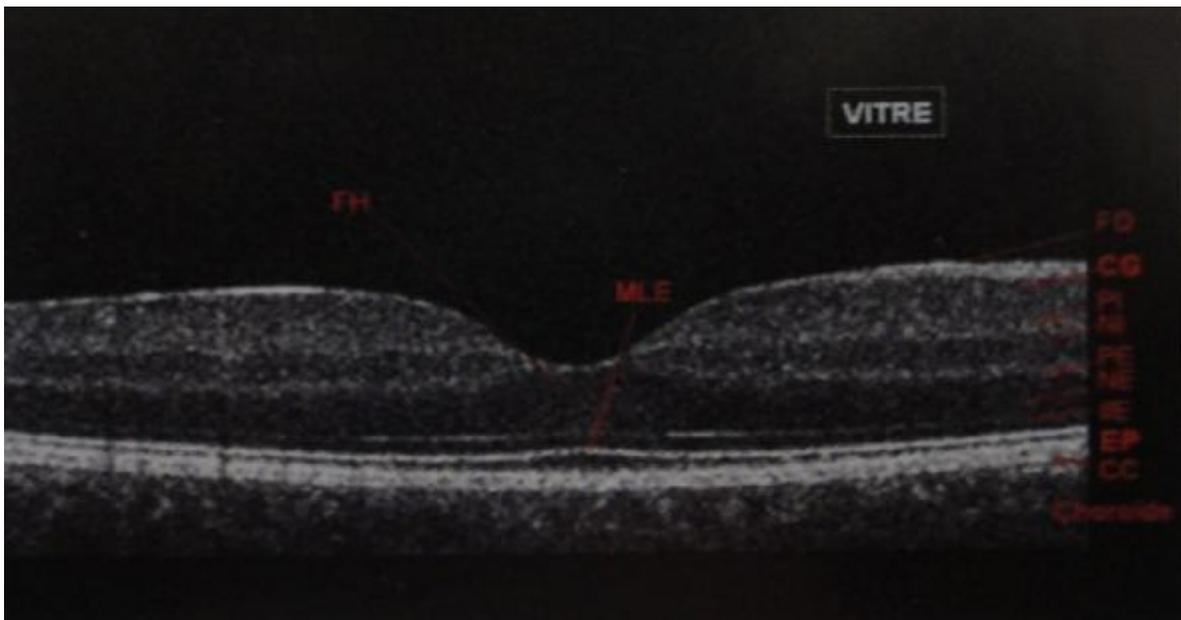


Figure 16 : Coupe linéaire de 6mm passant par la fovéa qui illustre les différentes couches rétiniennes chez un sujet normal (FO : fibres optiques, CG : couche des cellules ganglionnaires, PI : couche plexiforme interne, NI : couche plexiforme interne, PE : couche plexiforme externe, NE : couche nucléaire interne, I/E : jonction article interne- articles externe des photorécepteurs, EP : épithélium pigmentaire, CC : choriocapillaire). (15)

## 8. Aspect normal de l'OCT en mode glaucome :

### a. La Papille :

La tête du nerf optique va être observée en réalisant des coupes rectilignes qui vont passer par le centre de la papille.

Cette image va montrer une augmentation de l'épaisseur de la couche des fibres optiques qui augmente près du bord de la papille, et qui démontre un signal hyper-réfléctif entourant la papille.

Plus en profondeur on observe bien l'extrémité du couple épithélium pigmentaire-choriocapillaire et des photorécepteurs, au niveau de la lame criblée, ce qui va servir à calculer le rapport C/D avec les 6 coupes radiales sur le protocole « Optic disc analysis ». (Figure 17)

L'analyse RNFL réalise alors une coupe circulaire péripapillaire d'un diamètre de 3,4mm. Sur le graphique TSNIT, on observe normalement une image en double bosse des couches les plus épaisses des fibres nerveuses qui sont localisées au niveau des secteurs inférieur et supérieur.

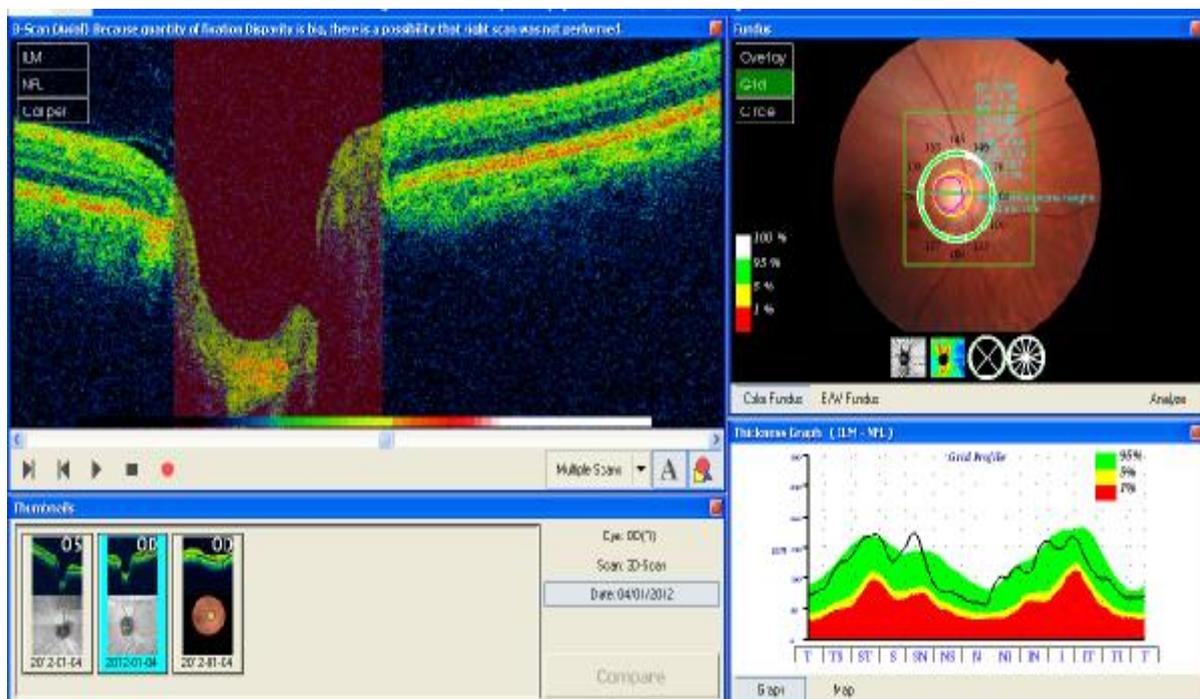


Figure 17: Aspect d'OCT papillaire normal avec respect de l'aspect en double bosse de l'épaisseur de la couche des fibres optiques peripapillaires. (Notre service)

b. La macula :

En comparant avec les données normatives de l'appareil OCT, la cartographie du complexe ganglionnaire est dans le secteur normal sans diminution de cellules ganglionnaires. (Figure 18)

Quigley note que l'atteinte des cellules ganglionnaires précède la perte de sensibilité au champ visuel et constate qu'un déficit de 10 dB correspond à une perte cellulaire de 40 %. (20)

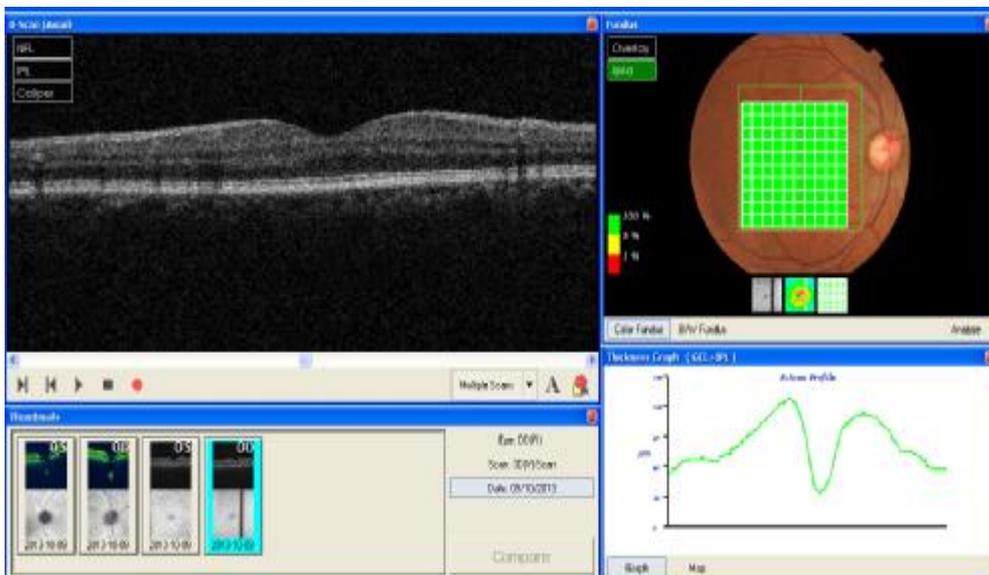


Figure 18 : OCT maculaire avec cartographie du complexe ganglionnaire montrant une couche CGR normale (notre service)

## E. OCT pathologique :

L'OCT a un grand intérêt dans le diagnostic ou la confirmation de plusieurs pathologies maculaire et papillaire et permet aussi d'évaluer leur pronostic

Il contribue également dans la surveillance au fil du temps et ainsi assurer une meilleure prise en charge des malades.

### 1. OCT maculaire pathologique :

#### 1.1. La rétinopathie diabétique : (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27)

Environ 40% des diabétiques sont porteurs de rétinopathie. Elle est la conséquence d'une hyperglycémie chronique. Les premières lésions histologiques dont l'épaississement de la membrane basale, la perte des pericytes puis la perte des cellules endothéliales des capillaires rétinien aboutissant à leur obstruction puis la formation de microanévrismes au dépend des capillaires de voisinage.

L'OM Diffus est lié à une dilatation capillaire étendue du lit capillaire maculaire et une diffusion généralisée compliquant fréquemment l'OMC.

L'OMC résulte d'une altération de la barrière hémato-rétinienne aboutissant à une accumulation de liquide dans le compartiment extracellulaire de la rétine habituellement virtuel.

L'OM focal est secondaire à des diffusions localisées à partir des microanévrismes et de segments capillaires dilatés avec des exsudats fréquents.

L'OCT a révolutionné la prise en charge de l'œdème maculaire diabétique. Il permet de :

- étudier l'interface vitréo-maculaire (l'OCT est la seule imagerie qui le permet).
- montrer un épaississement rétinien et le quantifier permettant ainsi le suivi après traitement.

- Mettre en évidence les hémorragies et les exsudats qui apparaissent hyperréfléctifs avec un ombrage postérieur.
- Etudier la couche des photorécepteurs qui a une corrélation directe avec l'acuité visuelle.
- classer en fonction du type et la topographie en:
  - Œdème maculaire focal.
  - Œdème maculaire diffus (cystoïde ou non).
  - Œdème maculaire tractionnel.

L'OCT permet également de rechercher les éléments de mauvais pronostic :

- Présence de logette cystoïde surtout de siège central.
- L'augmentation de l'épaisseur rétinienne.
- L'existence d'une composante tractionnelle.
- La présence d'un décollement séreux de la rétine.

a. L'œdème maculaire :

Il constitue la principale cause de malvoyance chez les patients diabétiques.

Il est défini selon la classification de l'ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) par un épaissement rétinien, ou la présence d'exsudats secs, dans un diamètre papillaire autour de la macula.

ü Œdème maculaire diffus :

Œdème maculaire diffus non cystoïde :

L'épaississement diffus apparaît comme une augmentation de l'épaisseur rétinienne sans espace cystoïde clairement défini.

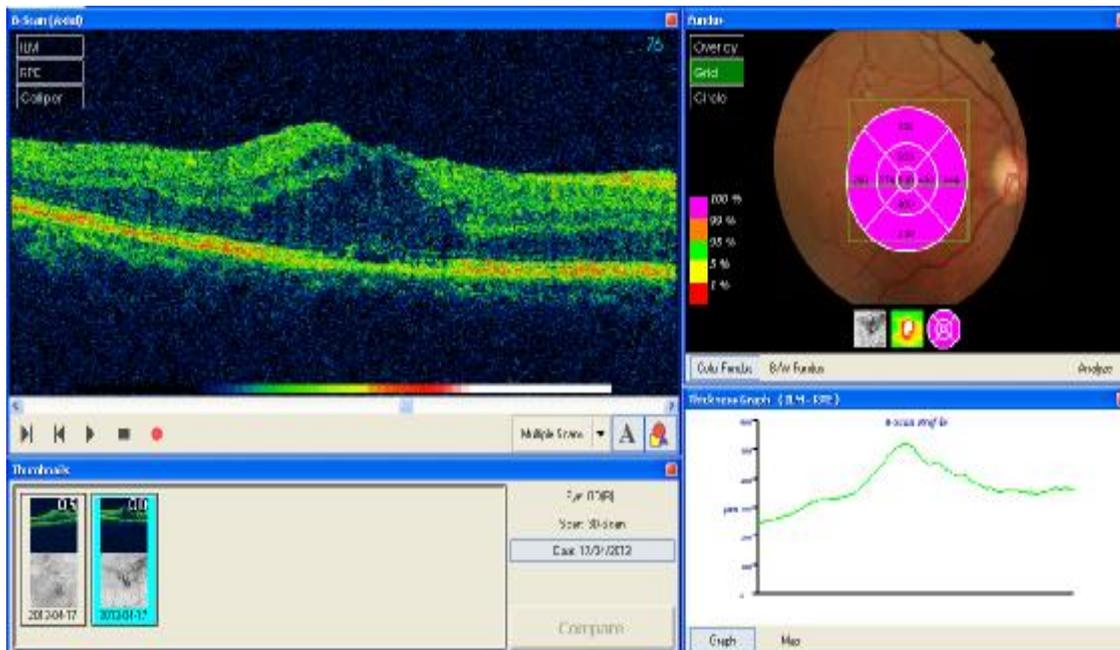


Figure 19 : Œdème maculaire diffus non cystoïde (notre service)

Œdème maculaire diffus cystoïde:

Il représente la forme la plus retrouvée dans notre série (40%)

Les logettes cystoïdes apparaissent comme des espaces hyporéfléctifs de taille variable, principalement localisées dans la rétine externe (couche des fibres de Henlé et nucléaire externe) et parfois aussi dans la rétine interne.

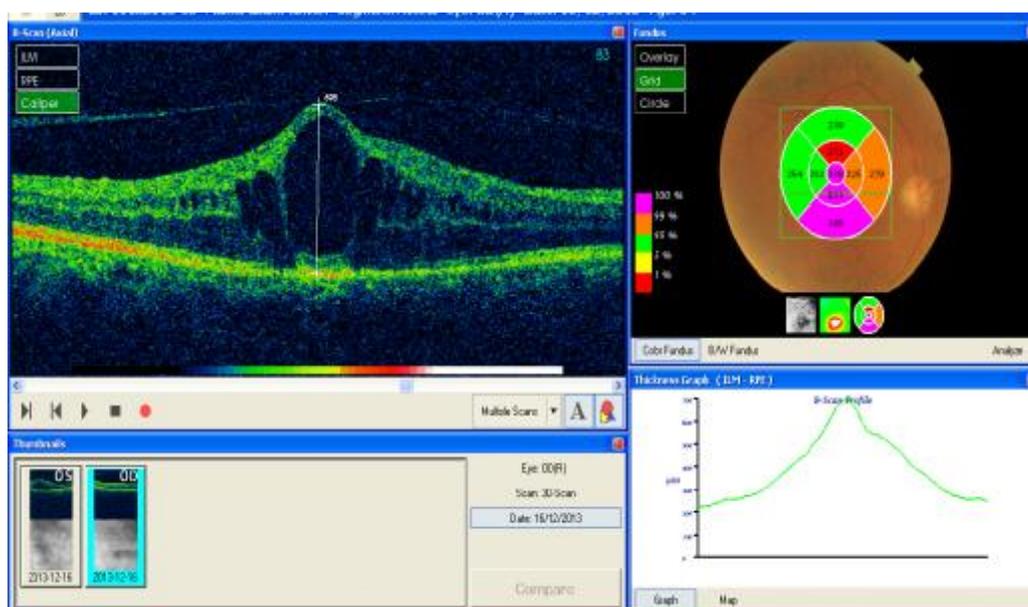


Figure 20 : Œdème maculaire diffus cystoïde avec une grosse logette centrale et un Décollement postérieur incomplet du vitré. (Photo du service)

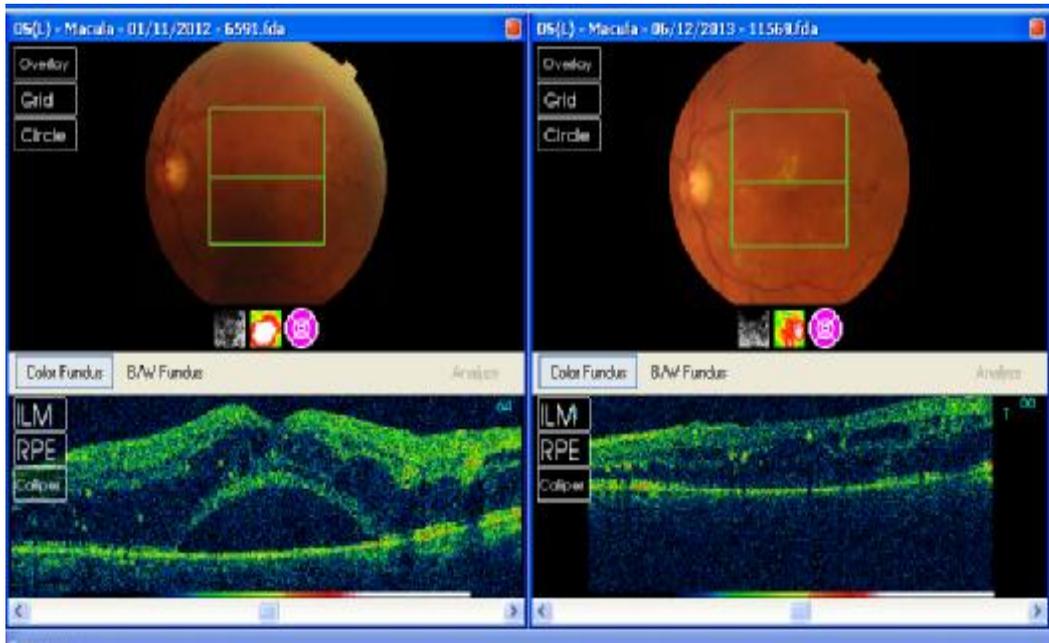


Figure 21 : Comparaison de l'œdème maculaire diffus avant et après traitement montrant une amélioration avec diminution de l'épaississement maculaire et disparition du décollement séreux rétinien. (Notre service)

ü L'œdème maculaire focal :

-œdème focal minime :

C'est un œdème qui est situé à distance de la fovéa et qui ne la menace pas à court terme.

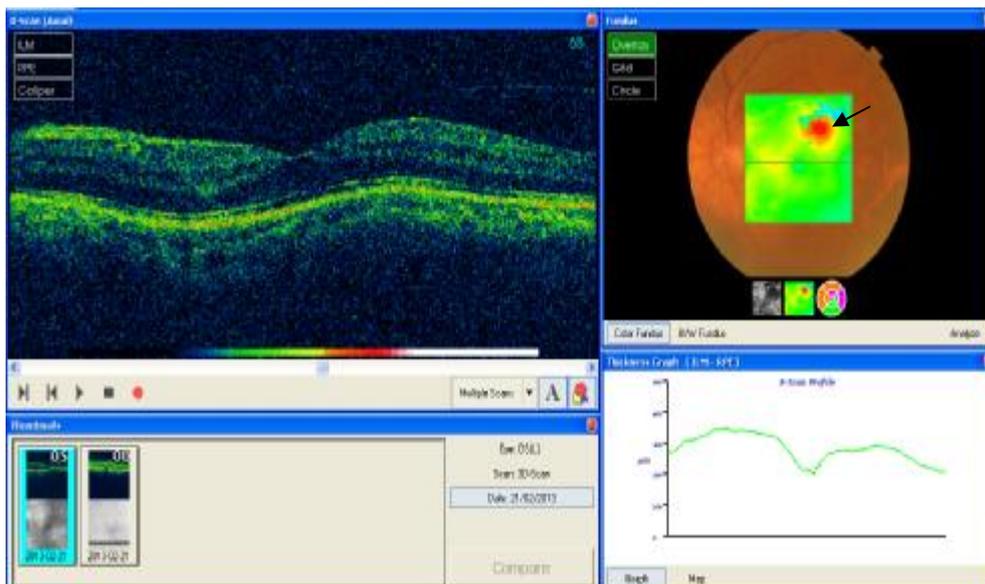


Figure 22: œdème maculaire focal minime en supéro temporal flèche noire. (Notre service)

-Œdème focal modéré :

C'est un œdème qui menace le centre de la macula mais qui ne l'atteint pas.

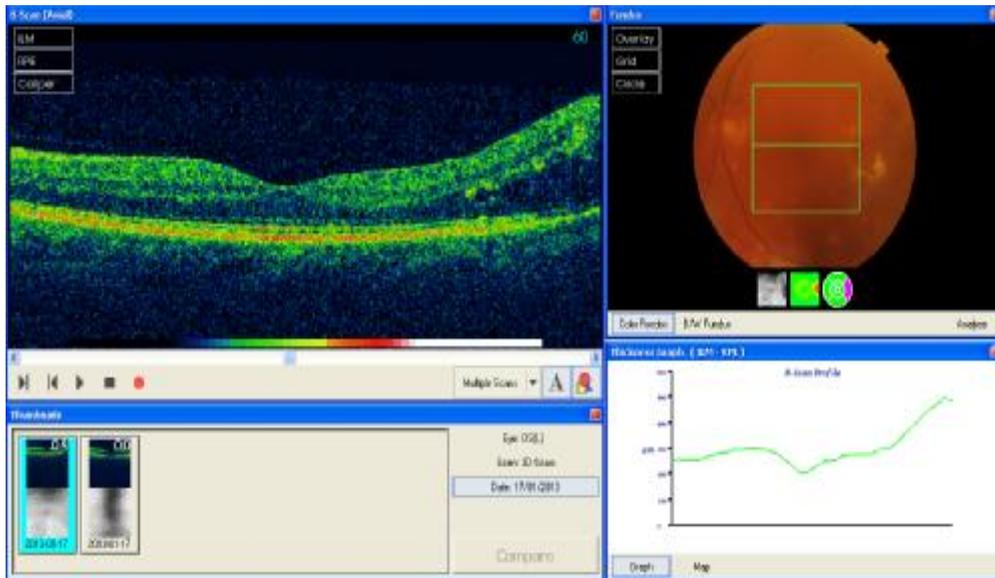


Figure 23 : Œdème focal modéré en temporel avec des exsudats (notre service)

-Œdème focal sévère :

C'est un œdème localisé à un secteur et qui atteint le centre de la macula.

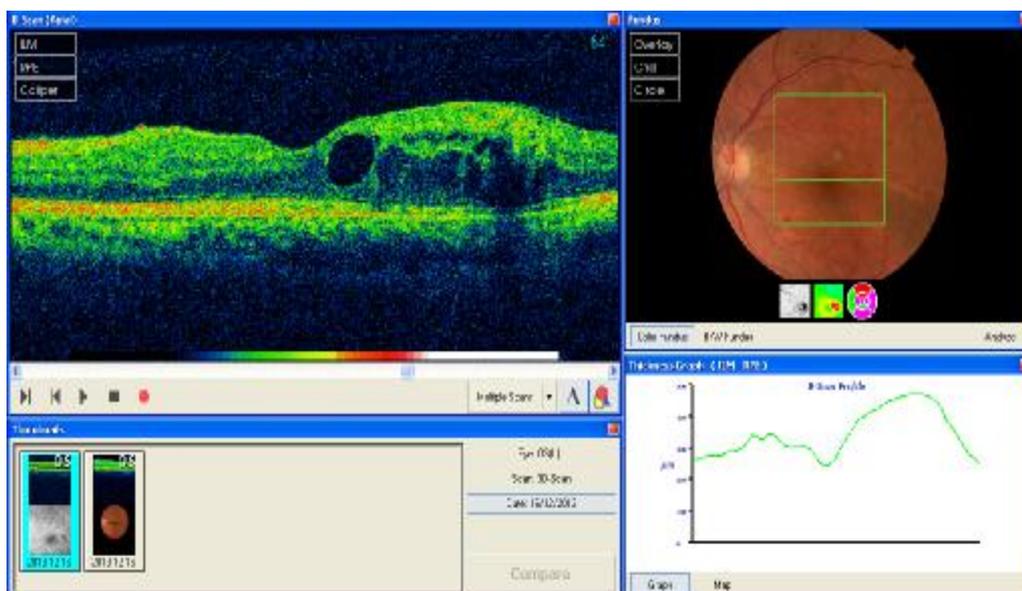


Figure 24 : Œdème focal sévère en temporel avec exsudats (notre service)

Le rétinale map permet de guider le traitement par laser lorsque celui-ci est indiqué et de suivre l'évolution après le traitement.

ü Œdème maculaire tractionnel :

Il s'agit d'un œdème maculaire diffus avec une traction vitreo-maculaire.

C'est l'OCT qui permet d'affirmer le diagnostic de traction vitréo-rétinienne. On effectue une coupe OCT qui permet d'observer une hyaloïde postérieure visible et épaissie tendue entre la papille et la partie temporale du pôle postérieur. Ces forces de traction sont suggérées par l'aspect rectiligne des bords de la macula.

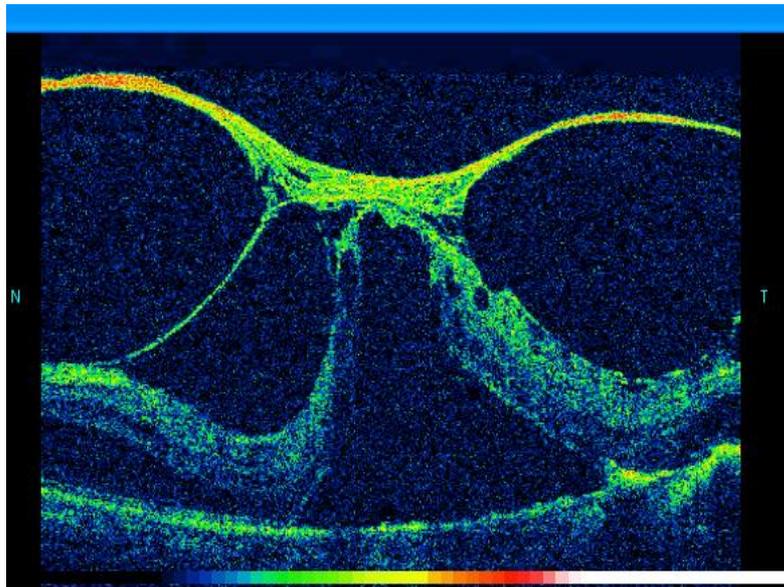


Figure 25 : syndrome de traction vitréo-maculaire chez un patient diabétique (notre service)

b. Rétinopathie diabétique proliférante :

L'OCT va permettre d'analyser le décollement postérieur du vitré (DPV) car le développement d'une vascularisation prérétinienne est plus fréquente en cas de DPV partiel. En outre, la traction vitréenne sur les néovaisseaux serait un facteur aggravant la croissance des néovaisseaux.

c. Hémorragie intravitréenne :

L'OCT est indispensable lorsque l'hémorragie intravitréenne est minime, car il permet de bien analyser les rapports entre la hyaloïde postérieure et la rétine, de rechercher un éventuel œdème maculaire et surtout un décollement de rétine fovéolaire voire maculaire qui serait fruste.

d. Atrophie maculaire :

Il s'agit d'un amincissement maculaire avec une épaisseur fovéolaire centrale inférieure à 180 $\mu$  en OCT 3.

Elle résulte de deux mécanismes : soit l'évolution ultime d'un œdème maculaire cystoïde, soit d'une maculopathie ischémique sous jacente.

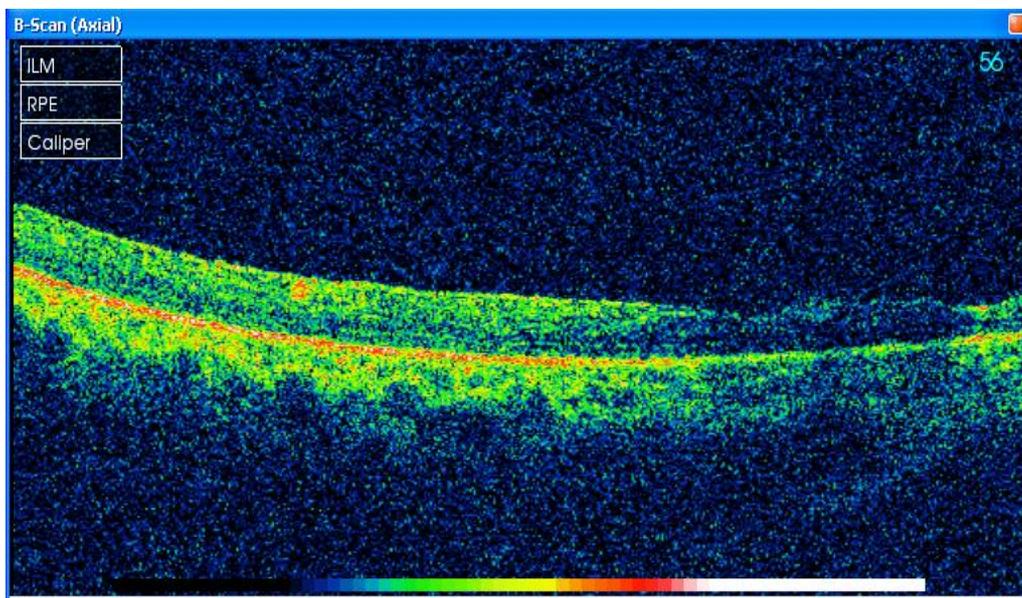


Figure 26 : Atrophie maculaire chez un patient diabétique. (notre service)

1.2. Pathologie inflammatoire :

a. Œdème maculaire uvéitique :

Il se définit par tout épaissement maculaire lié à une accumulation de liquides qui survient au cours d'une uvéite.

C'est une complication fréquente surtout en cas d'uvéite postérieure.

L'OCT va permettre de :

- Diagnostiquer de manière très sensible et reproductible un œdème maculaire même minime. On distingue trois catégories : Œdème maculaire cystoïde, diffus et le décollement séreux rétinien.
- Rechercher une membrane épimaculaire et un syndrome de traction,
- Suivre les thérapeutiques anti-inflammatoires visant à traiter l'uvéïte. Ainsi, on décide soit d'intensifier le traitement ou de réaliser une dégénérescence en fonction de l'évolution de l'œdème maculaire.
- Déterminer des critères de mauvais pronostic : disparition de la 3<sup>ème</sup> ligne hyperréfléctive (jonction article interne-article externe) ou une dégénérescence kystique de la rétine.

Dans notre série, l'œdème maculaire est noté chez 29% des patients uvéïtique.

(28, 29)

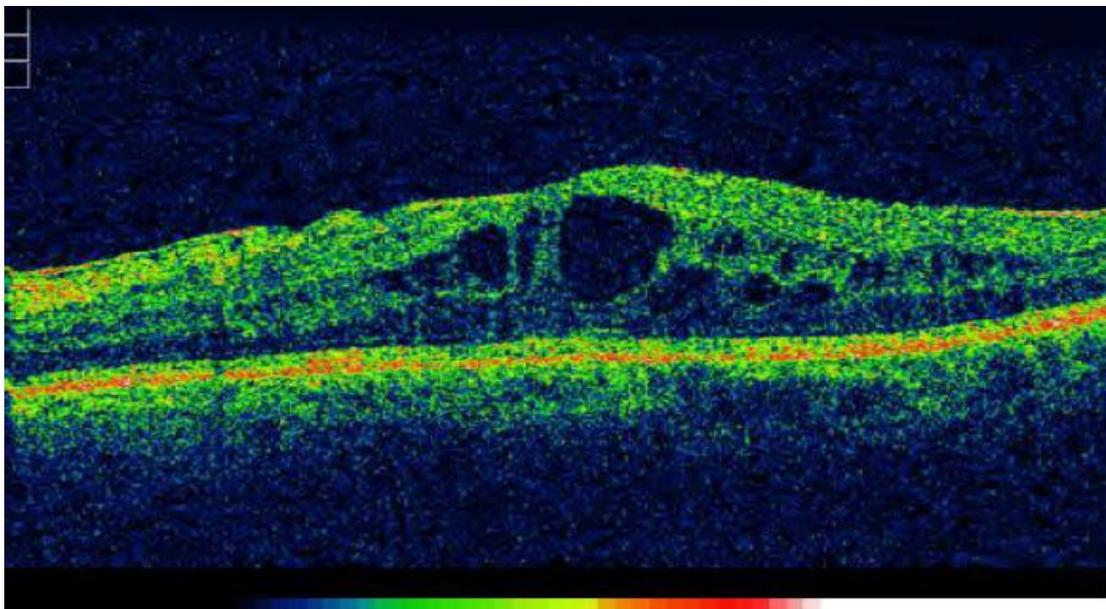


Figure 27 : œdème maculaire et MEM chez un patient qui présente une uvéïte (notre service)

## b. Atrophie maculaire uvéitique :

C'est une complication possible de l'uvéite dont le pronostic est réservé.

L'inflammation intraoculaire va se compliquer d'une atrophie maculaire selon plusieurs mécanismes dont les plus importants sont : atrophie de l'EP, OMC dégénératif, ischémie maculaire liée à une vascularite occlusive, néovascularisation choroïdienne.

L'atrophie maculaire se définit sur l'OCT par une épaisseur centro-foveolaire inférieure à  $200\mu$ . Ainsi l'OCT est indispensable pour la détecter. (15)

Dans notre série, 44% des patients uveitiques présente une atrophie maculaire.

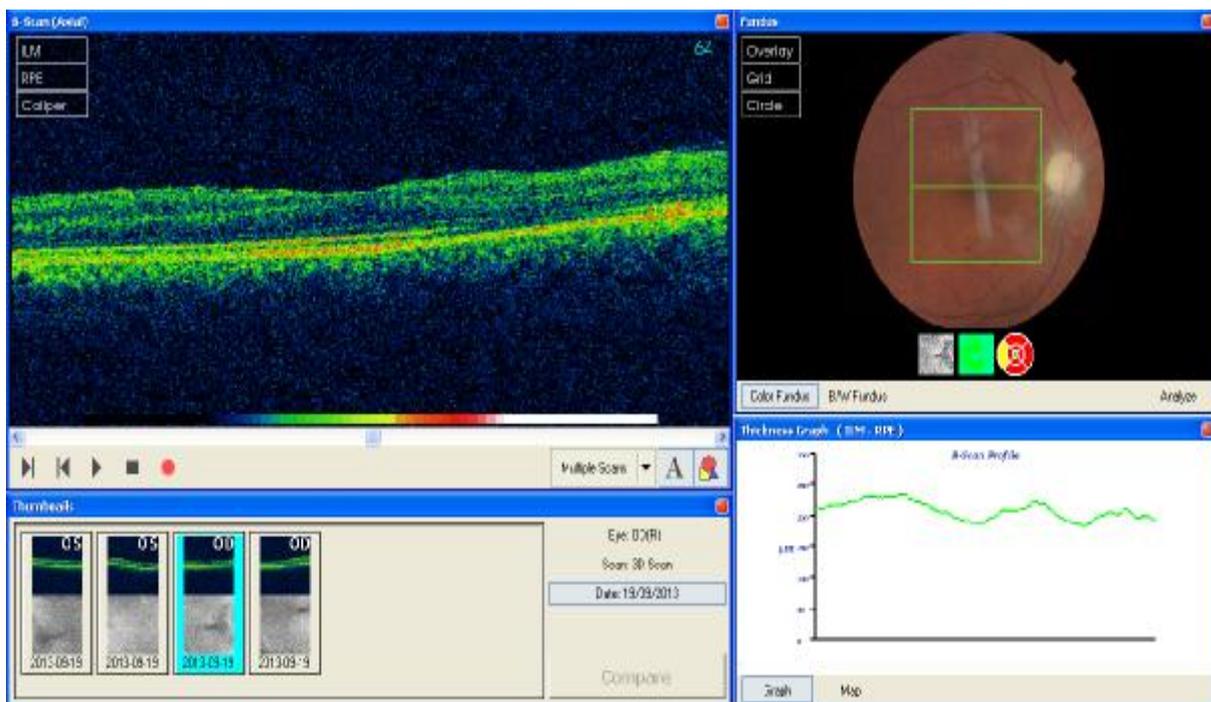


Figure 28 : Atrophie maculaire uvéitique (notre service)

c. Toxoplasmose oculaire :

Les lésions oculaires de la toxoplasmose peuvent être actives ou cicatricielles avec un risque de réactivation.

ü La rétinocchoroïdite toxoplasmique active :

Sur l'OCT, le foyer apparaît comme une lésion saillante, avec des fibres rétiniennes anormalement hyper-réfléctive associée à un certain masquage de l'épithélium pigmentaire et de la choroïde sous jacente. (15)

L'OCT permet également de montrer un œdème maculaire cystoïde, voire un décollement séreux rétinien qui représente une complication de la toxoplasmose oculaire à la phase aiguë. (30, 31)

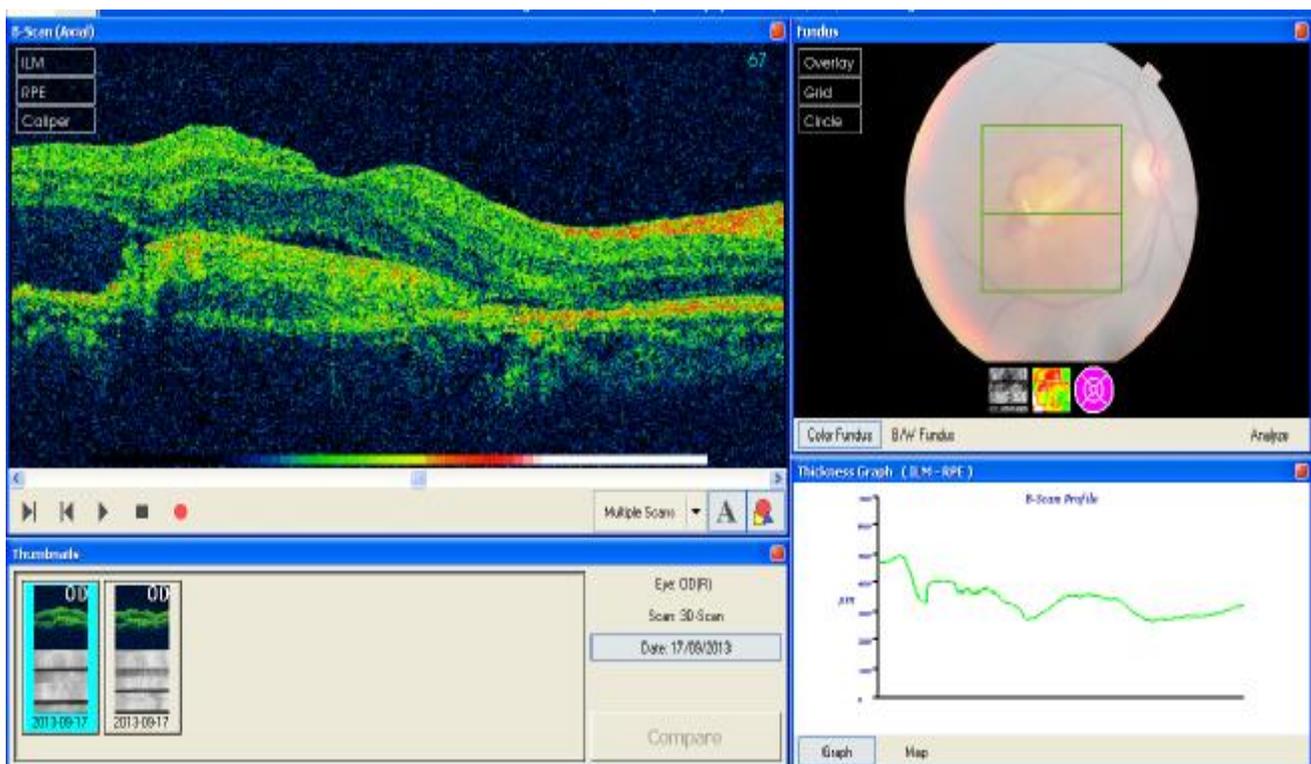


Figure 29 : Rétinocchoroïdite toxoplasmique active (notre service)

## ü Toxoplasmose cicatricielle :

L'OCT retrouve une lésion très hyperréfléctive au sein de l'épithélium pigmentaire, avec un très net amincissement rétinien, allant même parfois à une excavation choroïdienne

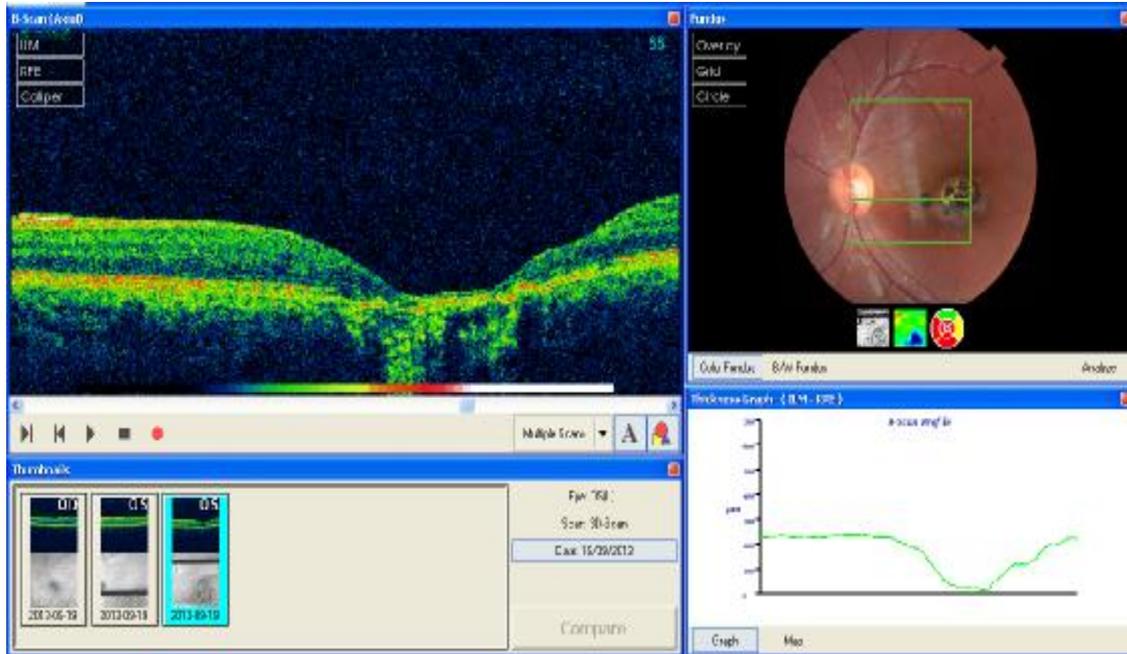


Figure 30 : Foyer cicatriciel de toxoplasmose (notre série)

## d. Maladie de Vogt-Koyanagi-Harada :

Le syndrome de Vogt-Koyanagi-Harada est une affection systémique, caractérisée par l'association de plusieurs symptômes : oculaires, méningés, auditifs et cutanés.

## ü A la phase aigue :

Des décollements séreux rétiniens multifocaux et polylobés avec en leur sein des cloisonnements qui vont former des structures membranaires.

L'OCT permet aussi d'objectiver une atteinte choroïdienne, avec de fines striations de profil antérieur de l'épithélium pigmentaire.

De plus, l'OCT peut également analyser la couche des RNFL dans l'œdème papillaire et montrer sa décroissance après un traitement adapté.

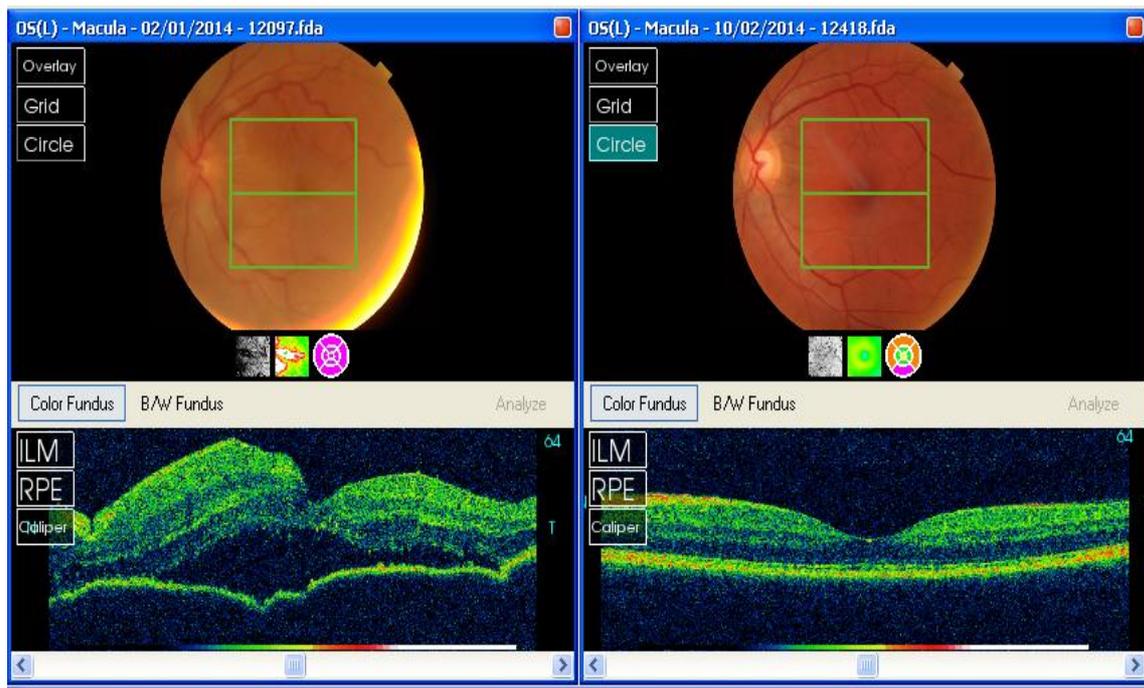


Figure 31 : Images comparatives d'une maladie de Vogt Koyanagi Harada avant et après traitement par corticoïdes. (Notre service)

ü A la phase chronique : (32)

L'OCT montre un épaississement fibreux hyperréfléctif en avant de l'épithélium pigmentaire.

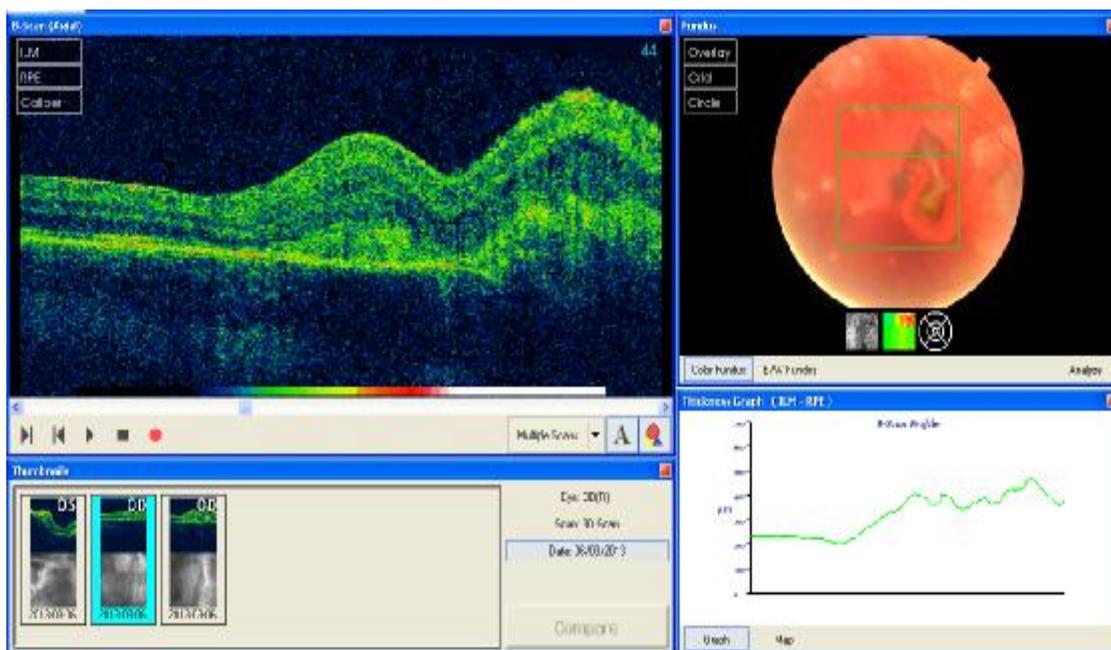


Figure 32: Phase chronique de maladie de Vogt Koyanagi Harada (Notre service).

### 1.3. Dégénérescence maculaire et maculopathie liée à l'âge:

La DMLA est une pathologie chronique qui correspond à un vieillissement au niveau de l'épithélium pigmentaire et la choriocapillaire associé à des anomalies supplémentaires. Elle est caractérisée par une accumulation de lipofuscine au niveau de l'EP.

C'est la principale cause de cécité dans les pays développés.

L'OCT est le principal examen de diagnostic et surtout de surveillance de la réponse du patient après traitement. (33)

On distingue :

#### ü Drusens

Il en existe deux types : Drusen miliaire et drusen séreux.

C'est une maladie dégénérative rétinienne chronique, évolutive et invalidante, qui débute après l'âge de 50 ans. Elle atteint de manière sélective la macula en provoquant une dégénérescence des cellules visuelles rétiniennes : selon l'ANAES 2001.

Les drusens miliaires ne sont pas apparents sur l'OCT.

Les drusens séreux sont visualisés sous la forme de surélévations localisées de l'épithélium pigmentaire (voussure, aspect bosselé) sans manifestation d'exsudation.

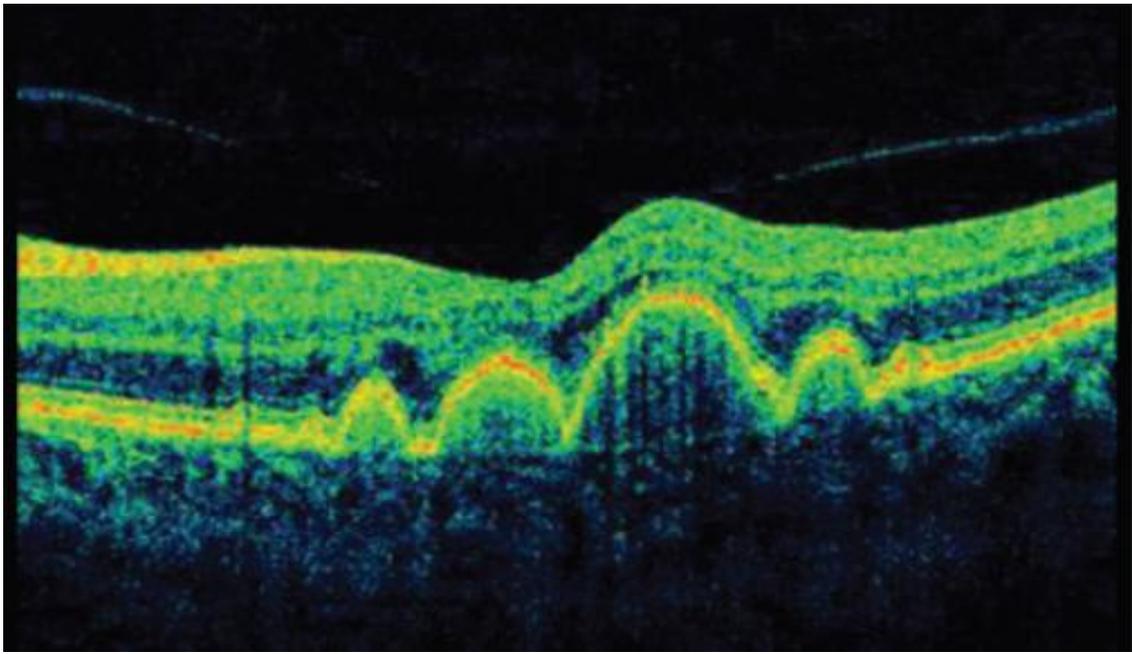


Figure 33: Drusens sereux multiples. (34)

#### ü Pseudodrusen réticulé

Ils prennent l'aspect de petites voussures localisées de l'épithélium pigmentaire associés à des dépôts pointus. (35)

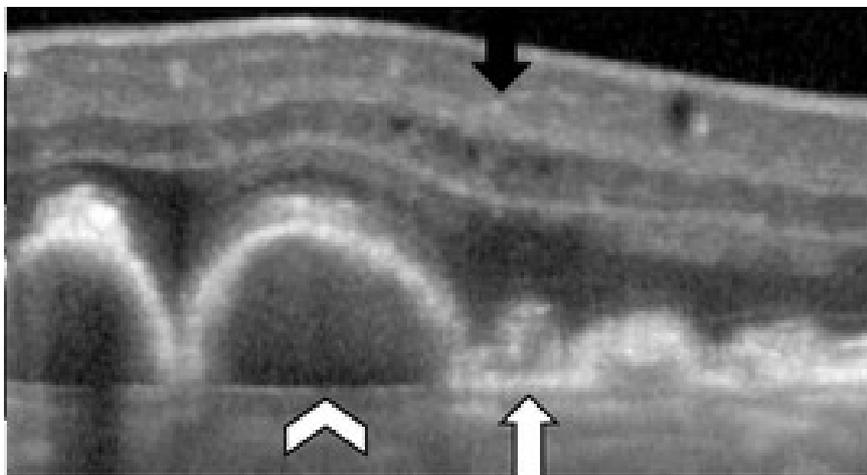


Figure 34 : Image B-Scan de SD OCT montrant des drusens séreux (tête de flèche blanche), des pseudodrusens réticulés (flèche blanche) et quelques petites logettes dans la rétine interne (flèche noire). (36)

ü DMLA exsudative avec néovaisseau visible:

L'OCT trouve une hyperréflexivité fusiforme refoulant la couche limitante externe et responsable d'un ombrage postérieur. La lésion est associée à des signes d'exsudation intrarétinienne, qui sont marqués par la présence de logettes cystoïdes et de décollement séreux hyporéflexif.

Après résorption progressive du DSR, la cicatrisation de la rupture de l'épithélium pigmentaire se fait par le biais d'une prolifération fibrovasculaire qui fini par couvrir la lésion et aboutit à une cicatrice maculaire disciforme. (37)

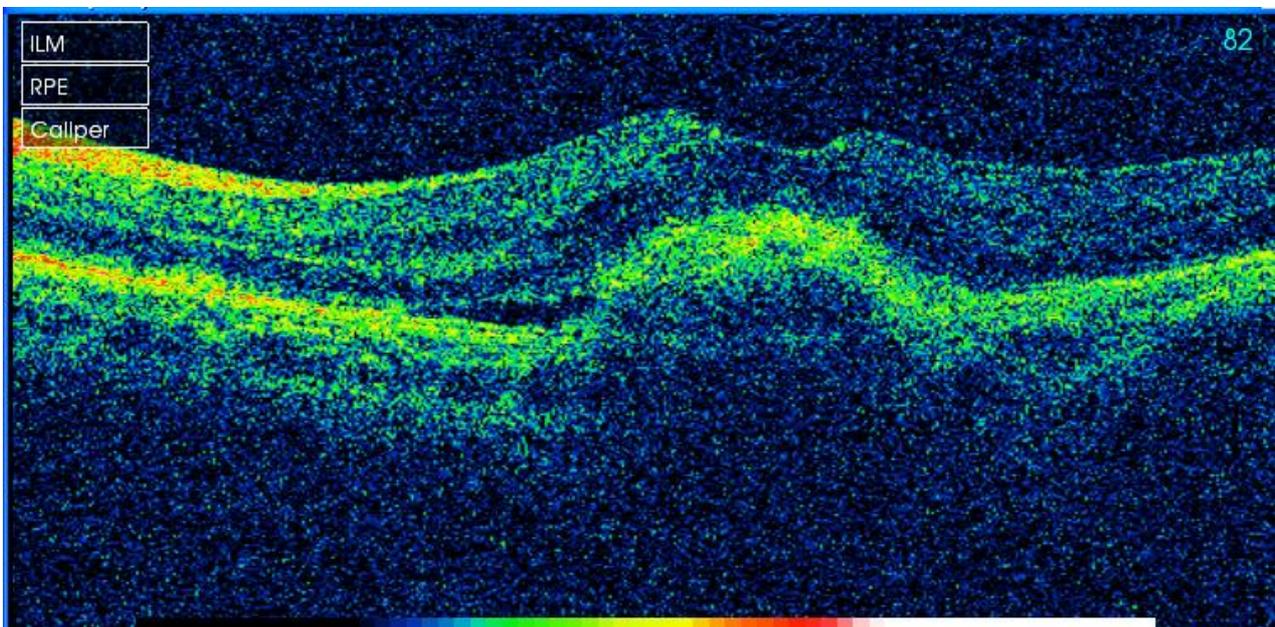


Figure 35 : DMLA exsudative avec néovaisseau choroidien visible et des logettes intrarétiniennes et une lame de DSR. (Notre service)

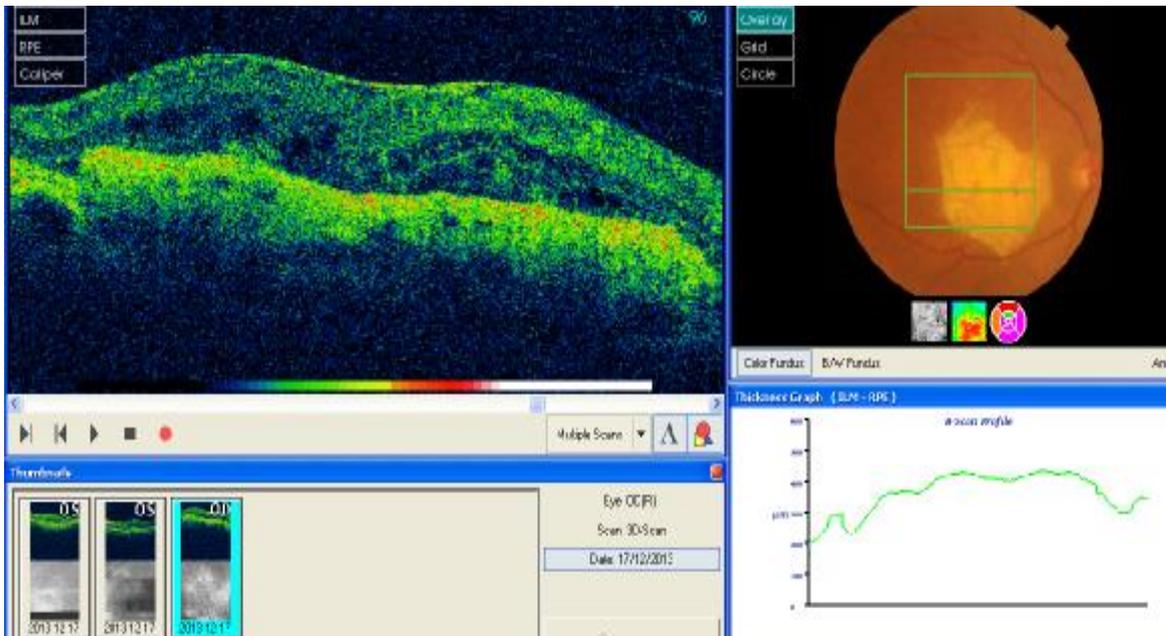


Figure 36 : DMLA avec cicatrice fibrovasculaire. (Notre service)

ü DMLA atrophique :

L'OCT objective une diminution de l'épaisseur de la rétine en rapport avec une disparition des couches externes de la rétine (couche de photorécepteurs et de l'épithélium pigmentaire).

Superposé aux zones d'atrophie, on observe un signal hyperréfléctif au sein de la choroïde qui correspond à l'absence d'atténuation du faisceau par l'épithélium pigmentaire. (38)

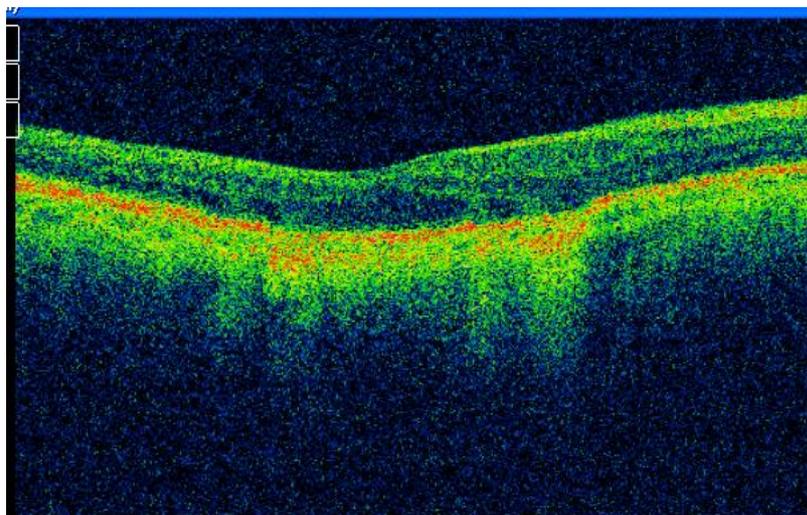


Figure 37 : DMLA atrophique (notre service)

#### 1.4. Occlusions vasculaires rétiniennes :

##### a. Occlusions veineuses rétiniennes :

###### ü Occlusion de la veine centrale de la rétine :

L'examen OCT permet d'apprécier les conséquences des troubles de la perméabilité vasculaire en visualisant l'exsudation et l'œdème rétinien qui en résultent, ou aussi les conséquences de la non perfusion et de l'ischémie.

L'examen en OCT permet aussi de quantifier les modifications de l'épaisseur de la rétine et le volume de l'œdème maculaire cystoïde. Il fournit des informations supplémentaires : sur la localisation du liquide accumulé : soit principalement dans les couches rétiniennes, soit dans l'espace sous-rétinien. (39, 40)

A la phase aiguë, l'œdème maculaire est une complication fréquente de l'OVCR.

Cet œdème maculaire est typiquement cystoïde, et peut s'accompagner d'un décollement séreux rétrofovéolaire.

Lorsqu'il existe une composante ischémique très marquée, l'œdème maculaire est alors de type ischémique et l'OCT retrouve un important épaissement de la rétine avec hyperréflexivité des couches internes et hyporéflexivité des couches externes.

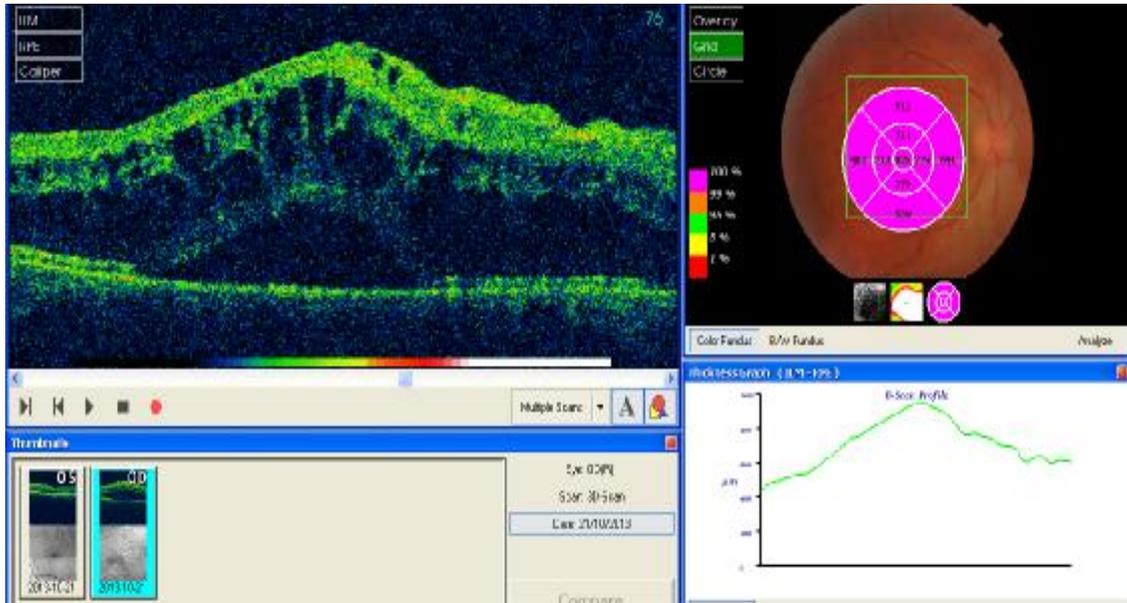


Figure 38 : OMC avec DSR retrofovolaire sur occlusion de la veine centrale de la rétine (notre service).

ü Occlusion de branche de la veine centrale de la rétine :

A la phase aigue, l'OCT montre un œdème maculaire cystoïde et un décollement séreux fovolaire.

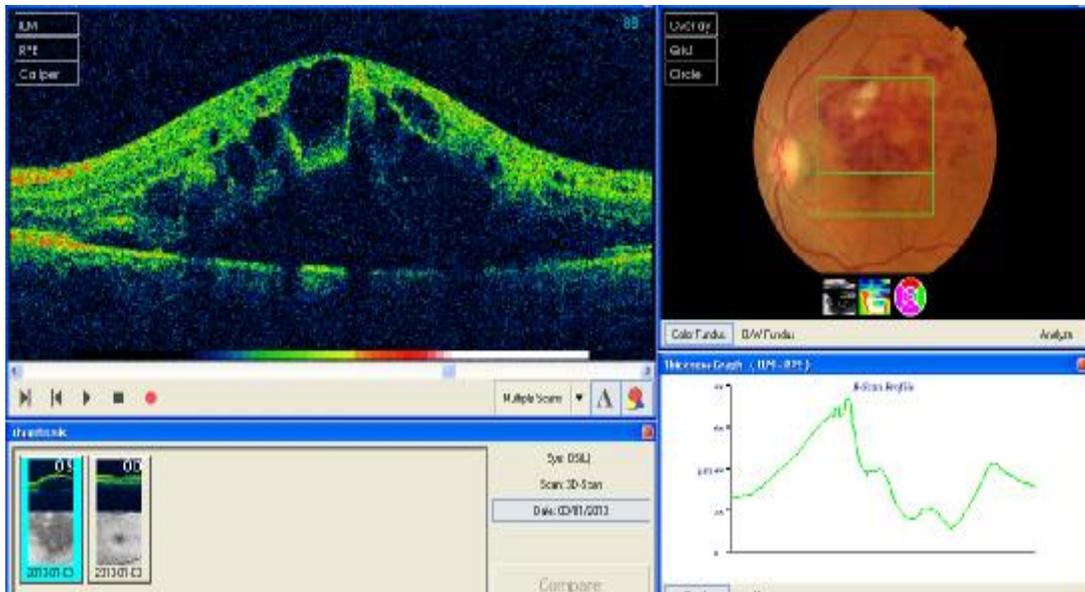


Figure 39 : OMC avec multiples logettes et décollement séreux rétrofovolaire sur OBVR temporelle supérieure (notre service)

Le rétinale map guide le traitement par laser lorsque celui-ci est indiqué et permet le suivi évolutif après le traitement.

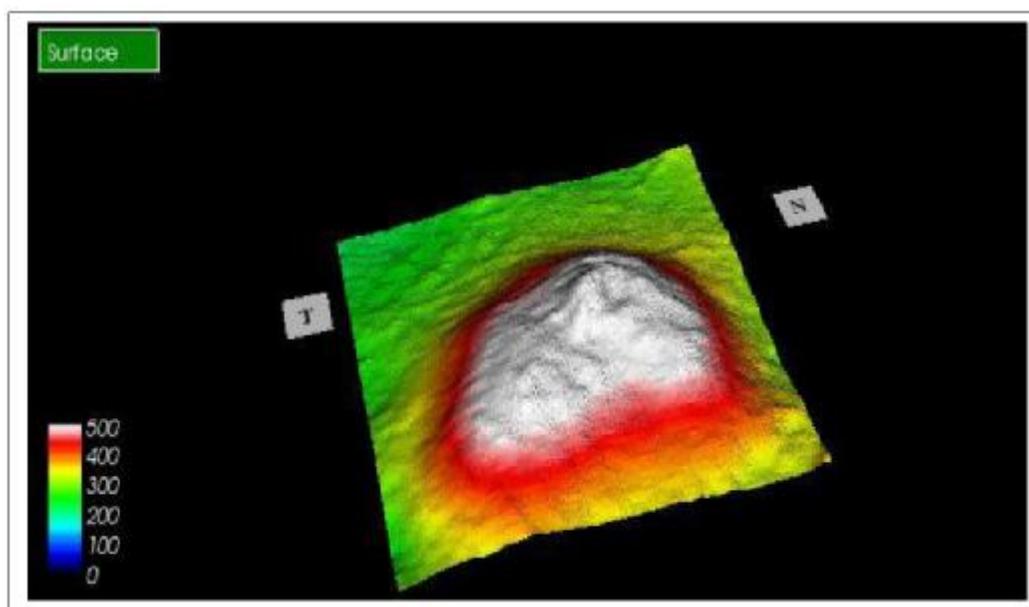


Figure 40 : Œdème maculaire cystoïde sur OVCR (notre service)

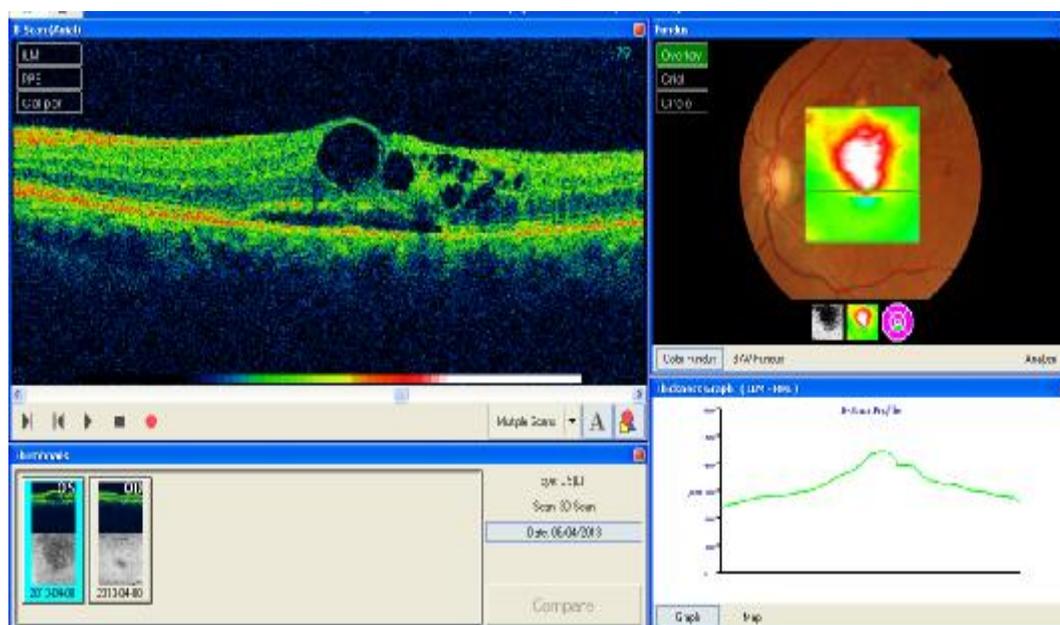


Figure 41 : OMC avec multiples logettes et décollement séreux rétrovéoilaire sur occlusion de la branche veineuse temporale supérieure (notre service)

b. Occlusion artérielle de la rétine :

ü Occlusion de l'artère centrale de la rétine :

L'aspect est caractéristique : A l'OCT on a une augmentation de la réflectivité et de l'épaisseur de la rétine interne, avec diminution de la réflectivité des couches externes de l'épithélium pigmentaire et du complexe épithélium pigmentaire-choriocapillaire.

A la phase chronique, on note une diminution de cette hyperréflectivité et une atrophie généralisée de la rétine neurosensorielle.

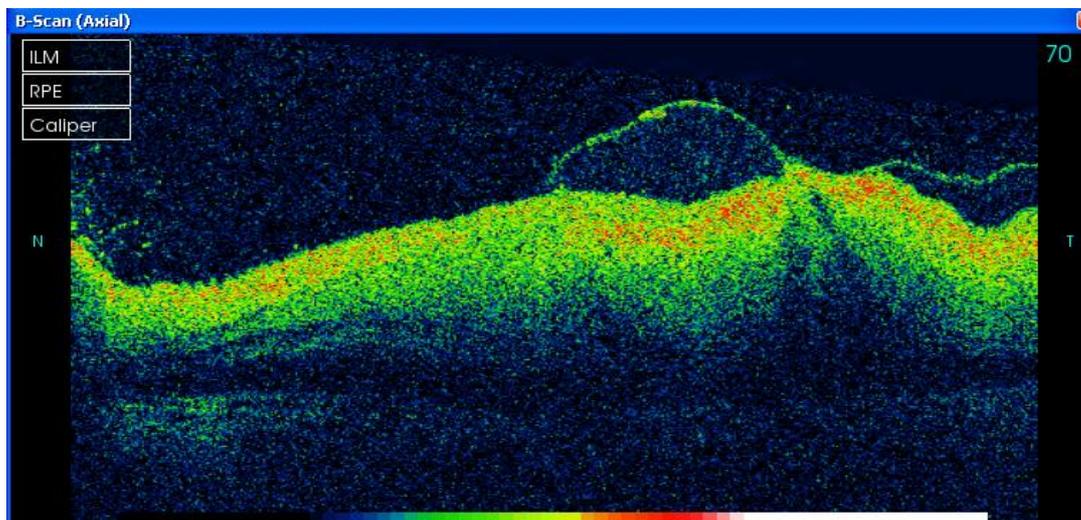


Figure 42 : Œdème maculaire suite à une OACR à la phase aigue.

ü Occlusion de branche de l'artère centrale de la rétine :

Les signes sus décrits se trouvent au niveau du territoire de l'artère occluse.

1.5. Pathologie traumatique :

a. Œdème de Berlin :

L'OCT s'avère très utile dans cette maculopathie aigue traumatique. Il permet d'établir un bilan détaillé des lésions initiales, qui peuvent aller de la simple diminution de la dépression fovéolaire à la désorganisation de l'architecture rétinienne. On observe une bande hyperréfléctive au niveau de la rétine externe qui

semble être en rapport avec une désorganisation et fragmentation traumatique des articles des photorécepteurs et de l'épithélium pigmentaire de la rétine. (15)

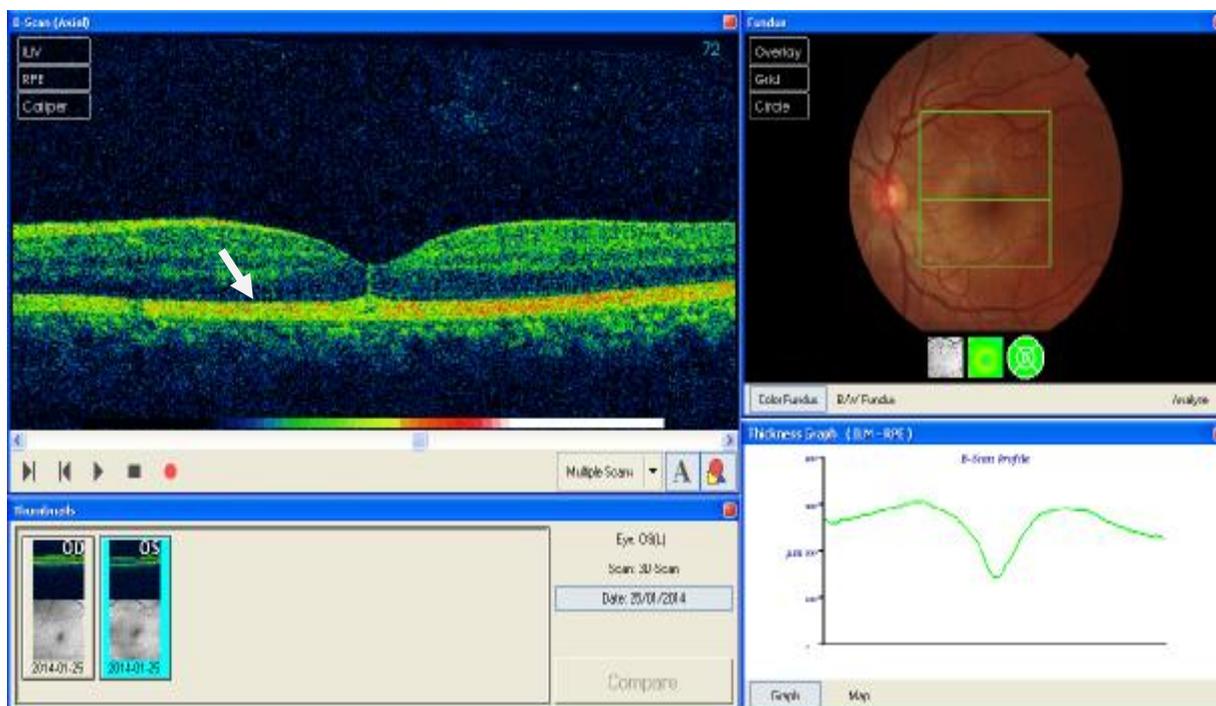


Figure 43 : Œdème de Berlin (flèche blanche indique une désorganisation de la ligne des photorécepteurs) (notre service)

#### b. Trou maculaire traumatique postcontusif :

C'est un trou maculaire en pleine épaisseur qui survient dans les suites immédiates du traumatisme oculaire contusif.

A la différence du trou maculaire idiopathique, dans le trou maculaire post contusif le vitré postérieur est moins souvent détaché, avec rarement un opercule rétinien.

En plus du diagnostic, l'OCT permet d'individualiser les facteurs de mauvais pronostic, lorsqu'il existe d'autres anomalies rétinienne post traumatique.

L'OCT est également indispensable pour suivre l'évolution spontanée ou après traitement chirurgical du trou maculaire.

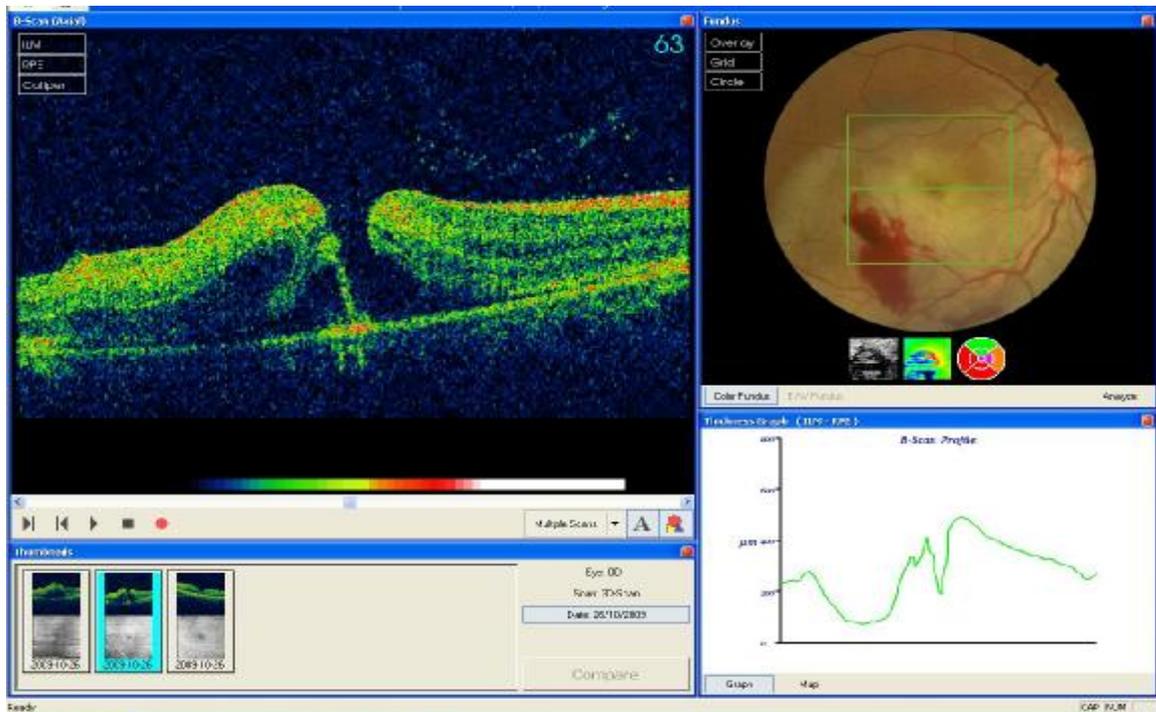


Figure 44 : Trou maculaire traumatique (notre service)

c. Autres lésions traumatiques :

L'OCT permet aussi de montrer :

- Rupture de membrane de Bruch : L'OCT est utile dans le suivi de la rupture de membrane de Bruch qui atteint la macula, et on pourra diagnostiquer de façon précoce une exsudation intra ou sous rétinienne, signe de complication néovasculaire.

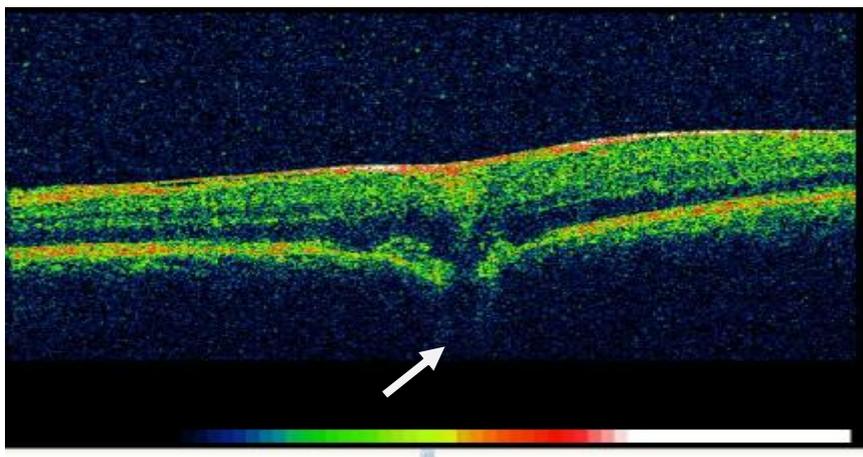


Figure 45 : OCT montrant une Rupture de membrane de Bruch (flèche blanche) (notre service)

- Atrophie maculaire traumatique :

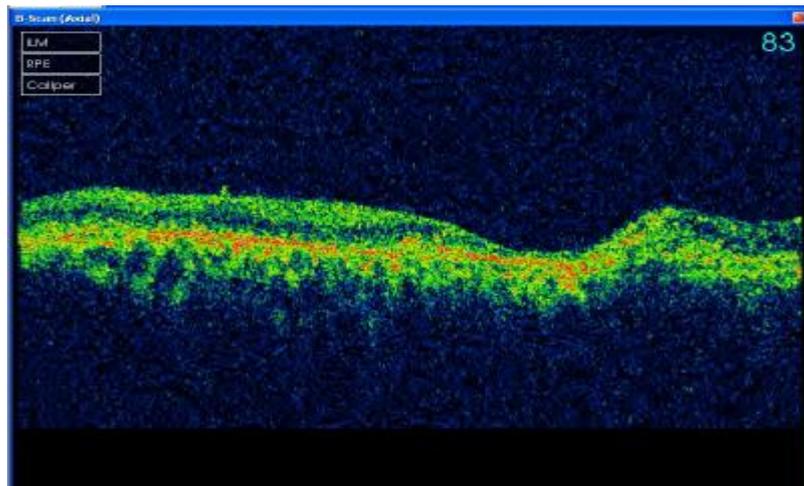


Figure 46 : Atrophie maculaire post contusive (notre service)

#### 1.6. Autres pathologies :

##### a. CRSC: chorioretinite séreuse centrale :

A la phase aigüe à la première poussée, l'OCT montre un décollement séreux du neuroépithélium et fait le diagnostic d'un décollement de l'épithélium pigmentaire unique. L'OCT peut montrer également des dépôts sous rétiniens assez réfléchissants dans le cas de CRSC peu ancienne.

A la phase chronique, l'OCT permet de localiser le siège du point de fuite qui correspond au décollement de l'épithélium pigmentaire orientant ainsi vers une meilleure prise en charge soit au laser ou à la photothérapie dynamique.

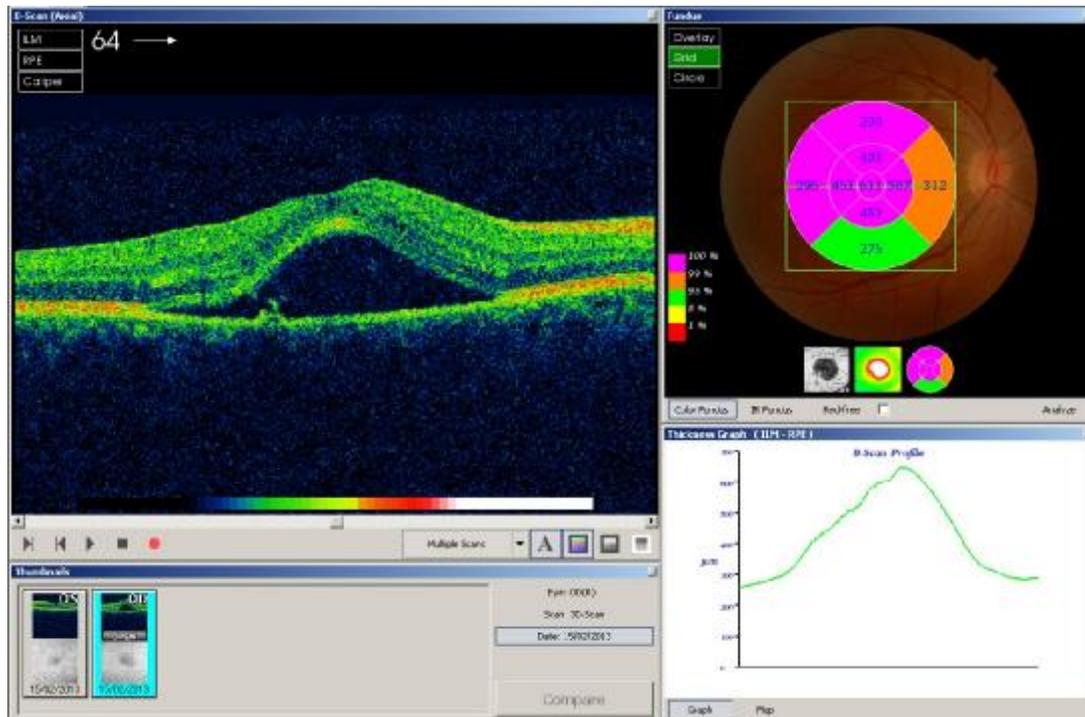


Figure 47 : Chrorétinite séreuse centrale : décollement séreux du neuro-épithélium et un décollement de l'épithélium pigmentaire. (Notre service)

b. Décollement de rétine opéré :

L'OCT apporte des données anatomiques capitales afin de mieux comprendre les mauvais résultats fonctionnels obtenus après une chirurgie avec un bon résultat anatomique.

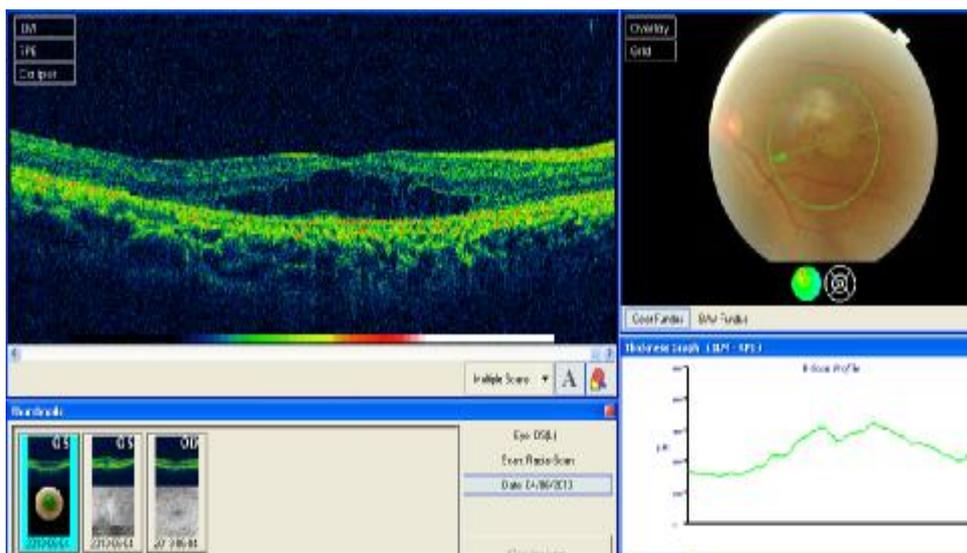


Figure 48 : Décollement de rétine traité par voie ab externo : réapplication anatomique avec un œdème maculaire cystoïde (notre service)

c. Néovaisseaux maculaires :

L'OCT permet non seulement d'identifier les néovaisseaux choroïdiens en avant de l'épithélium pigmentaire, mais également de surveiller son évolution après traitement.

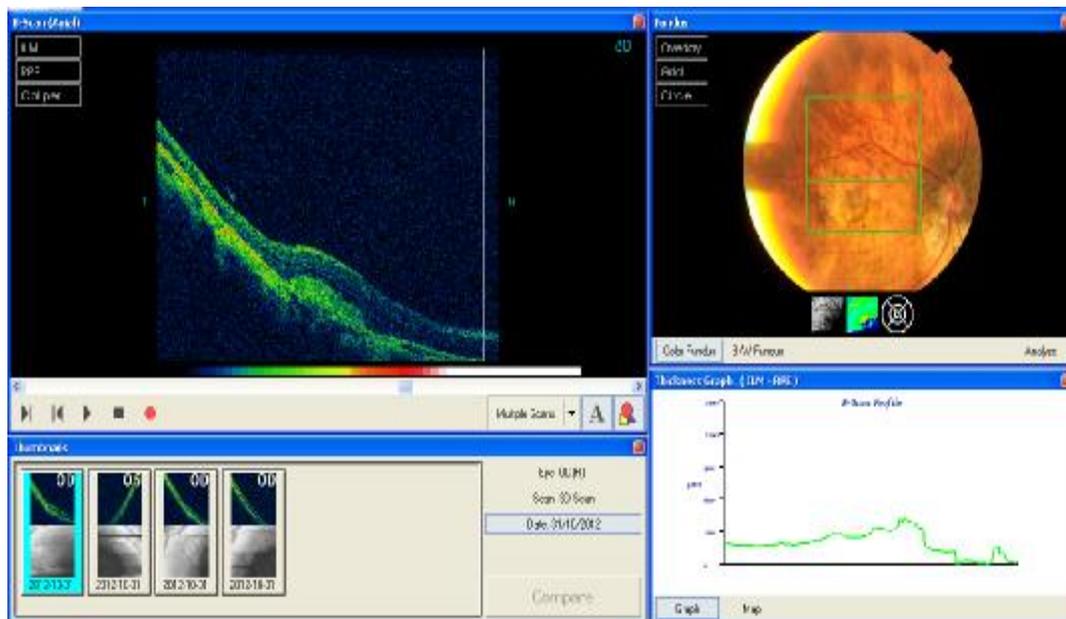


Figure 49 : Néovaisseaux choroïdien chez un sujet fort myope (notre service).

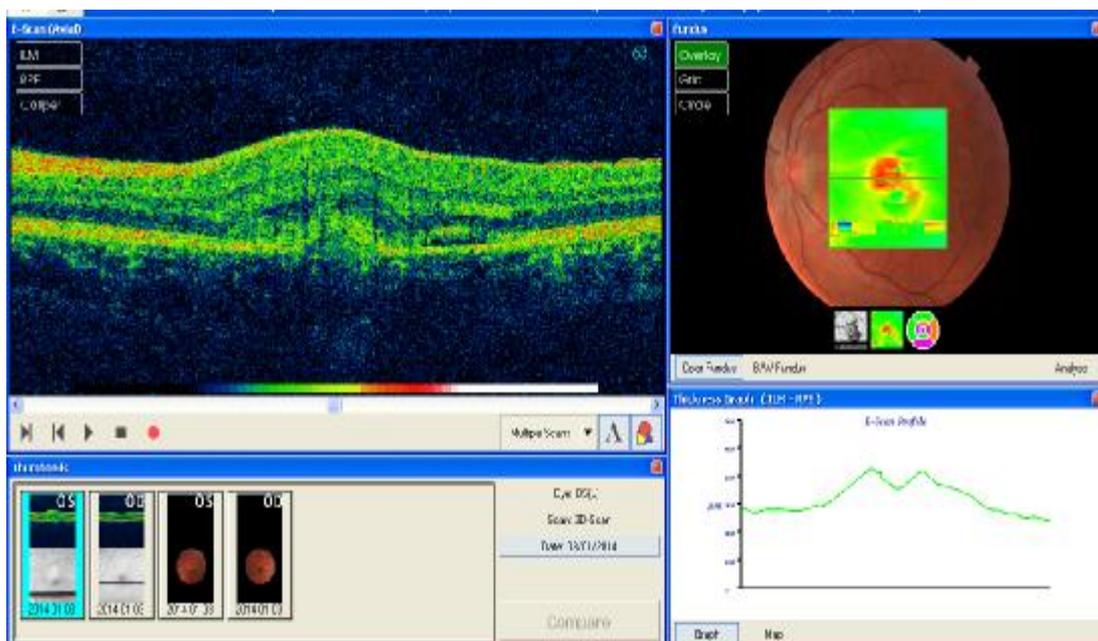


Figure 50 : Néovaisseaux choroïdien idiopathique chez un sujet jeune (notre service)

d. Trou maculaire

L'OCT permet de:

Préciser le stade et classer le trou maculaire.

Mettre en évidence l'opercule préfovéolaire.

Mesurer le diamètre du trou maculaire qui est un facteur pronostique.

Montrer un épaissement microkystique des bords du trou.

Analyser avec précision les résultats postopératoires.

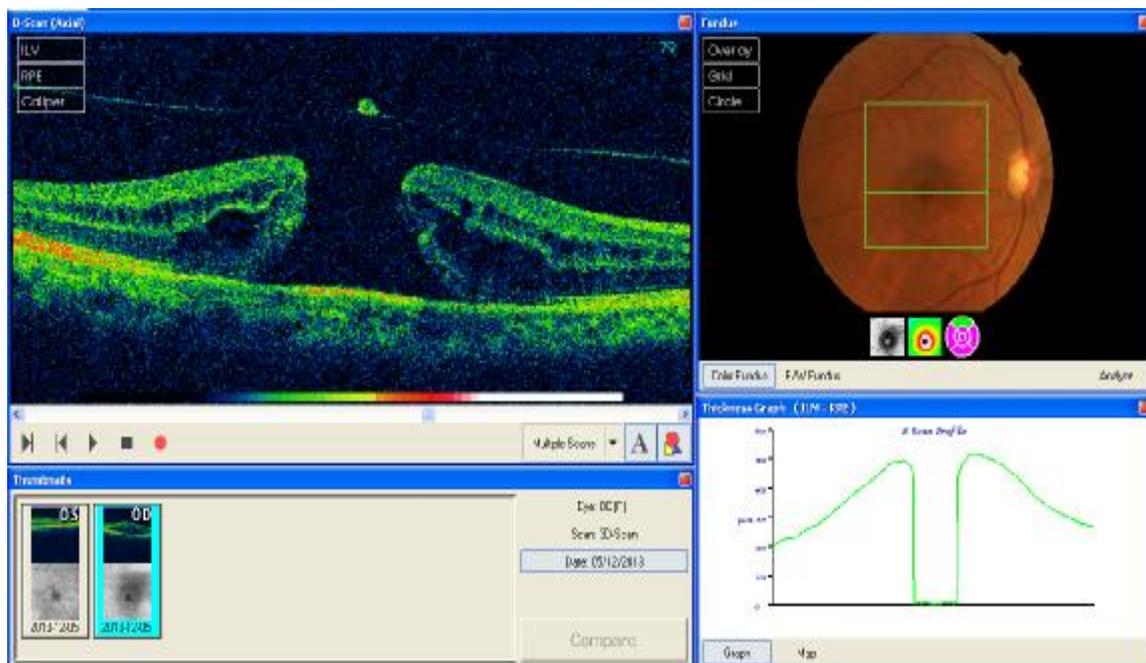


Figure 51 : Trou maculaire stade 3 avec œdème microkystique des berges et un opercule rattaché la hyaloïde postérieure (notre service)

## 2. OCT papillaire pathologique :

### 2.1. Glaucome :

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

Il est indispensable pour l'analyse du nerf optique, la comparer à une base normative et la détection de fins déficits arciformes périphériques, signes de glaucome. (15)

L'examen est particulièrement intéressant dans le cadre du dépistage et plus particulièrement au stade préperimétrique. (14)

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. (15)

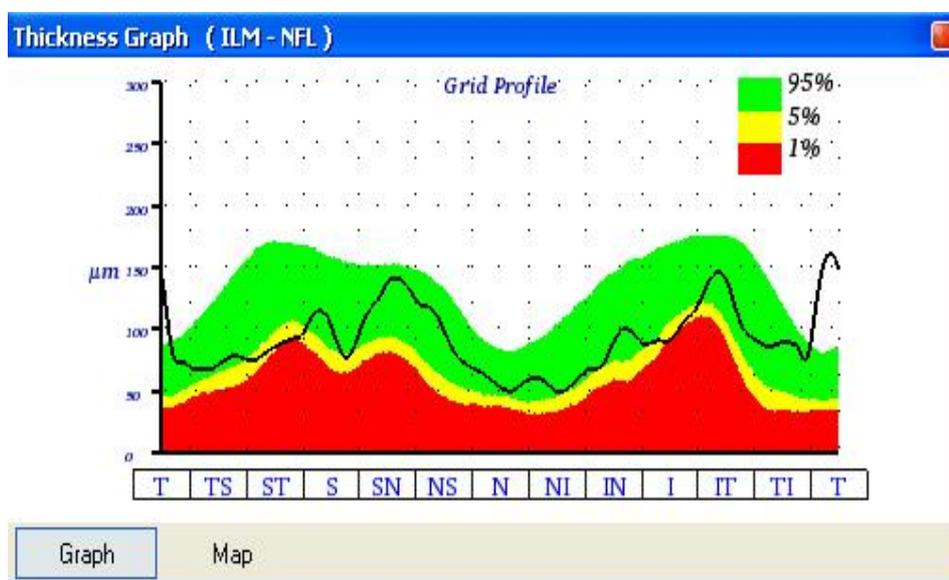


Figure 52 : Analyse du profil RNFL montrant un amincissement au niveau du faisceau temporel supérieur et temporel inférieur (notre service)

Actuellement, il existe un logiciel d'analyse de progression du glaucome, qui donne une représentation graphique des zones d'aggravation et de la différence en valeur absolue entre les mesures du dernier examen et les mesures précédentes.

b. L'étude de la papille:

La surface de la papille est plus grande en OCT et il n'est pas exceptionnel de trouver un C/D horizontal supérieur au C/D vertical en cas de papille manifestement glaucomateuse.

Le logiciel de l'OCT est particulièrement pauvre, sans données de référence et sans analyse d'évolution. (41)

Toutes ces considérations permettent d'affirmer que les données papillaires actuelles de l'OCT sont moins précises et surtout peu exploitables.

c. 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 périphérique.

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.

Il est indispensable de réaliser le « retinal map » au cours du glaucome dans plusieurs circonstances :

Bilan de gravité de glaucome.

Glaucome à pression normale.

Glaucome chez le sujet mélanoderme.

Myopie forte.

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

particulièrement vrai pour les sujets mélanodermes et pour les glaucomes à pression normale qui ont assez tôt des atteintes juxta-fovéolaires.

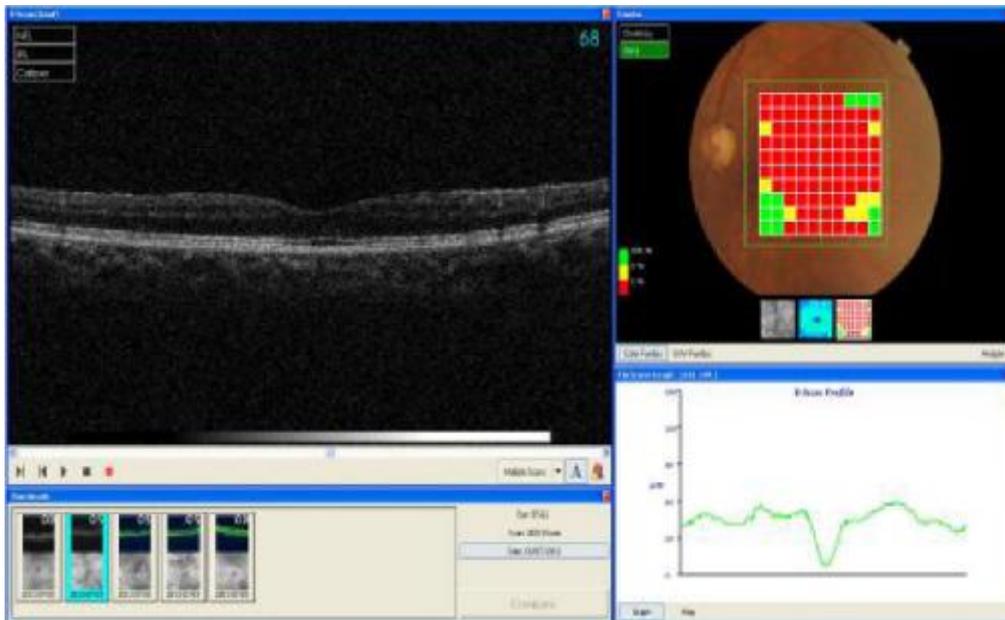


Figure 53 : OCT maculaire avec cartographie du complexe ganglionnaire montrant une altération diffuse de la couche CGR (notre service)

## 2.2. Autres pathologies de la papille :

En dehors de la pathologie glaucomateuse, l'analyse de la tête du nerf optique grâce aux OCT de nouvelle génération va permettre d'étendre son domaine d'intérêt aux pathologies de neurophthalmologie, aux inflammations du nerf optique, aux anomalies anatomiques et encore aux anomalies vasculaires. (15)

Néanmoins, les résultats recueillis doivent être toujours reliés aux données de l'interrogatoire et de l'examen clinique.

a. Névrite optique ischémique antérieure aigue non artéritique et artéritique :

A la phase aigue, la valeur de la RNFL n'a pas de valeur prédictive sur le devenir visuel.

En revanche à la phase séquellaire, les anomalies du profil du RNFL sont bien corrélées aux déficits révélés au champ visuel. Le secteur nasal est le plus souvent épargné.

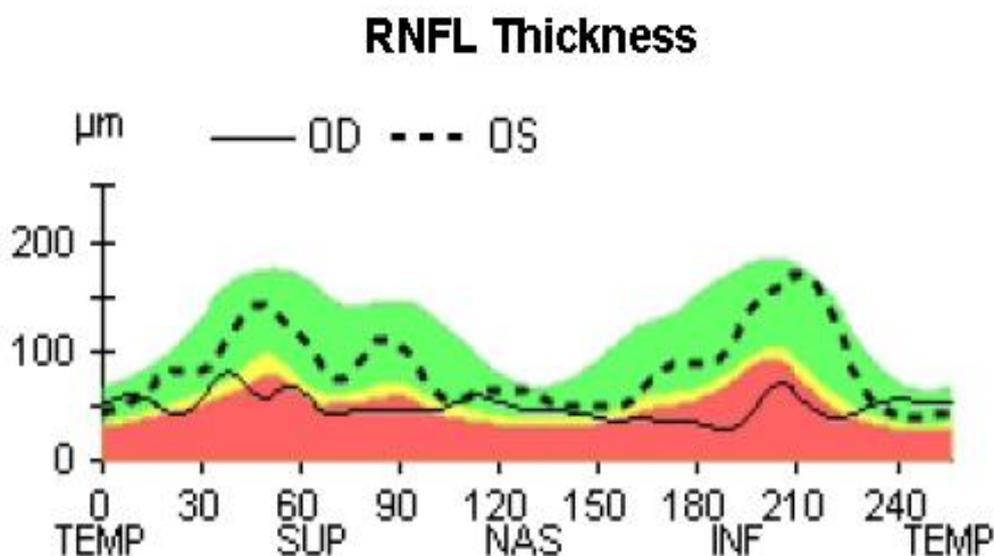


Figure 54: Cirrus OCT: étude de la couche RNFL peripapillaire d'un patient à la phase séquellaire d'une NOIA non artéritique montrant un amincissement de la couche RNFL de l'œil droit avec aplatissement de l'aspect en double bosse. (42)

#### b. Œdème papillaire de stase et hypertension intracrânienne :

L'OCT peut être utile dans le diagnostic et le suivi de l'œdème papillaire.

Il pose le diagnostic différentiel avec les drusens papillaires et les faux œdèmes papillaires où l'aspect du RNFL map est normal. (43)

En outre, en complément du champ visuel, l'OCT va suivre la résolution de l'œdème papillaire de manière très sensible et reproductible. En effet, on observe une très nette diminution du RNFL avec une atrophie poststase à corrélérer à l'examen clinique et les données du champ visuel.

c. Pathologie inflammatoire de la papille :

ü Papillite :

L'OCT va permettre de quantifier la papillite, qui apparait comme une augmentation de l'épaisseur des fibres nerveuses. L'OCT ne permet pas de différencier entre œdème papillaire et papillite, mais il va pouvoir surveiller l'évolution spontanée ou sous une thérapeutique adaptée. (15)

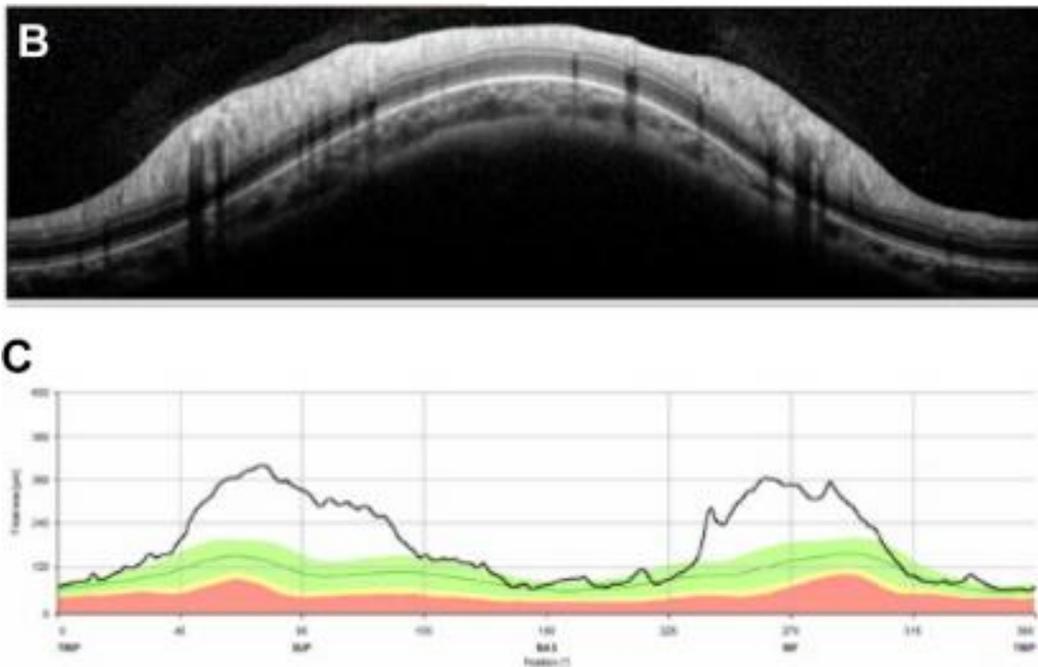


Figure 55 : SD-OCT Spectralis montrant un épaississement de la couche RNFL en supérieur et inférieur. (44)

ü Neuropathie optique rétrobulbaire et maladie démyélinisante :

Après une névrite optique, il a été montré qu'il existait une diminution de l'épaisseur du RNFL surtout en temporal.

Il existe aussi une diminution du RNFL dans la sclérose en plaque en dehors de toute névrite optique, témoignant d'une perte axonale progressive pouvant être infraclinique au cours de cette maladie. (45)

L'OCT est de grand intérêt dans la SEP ou il suit la progression de la maladie et pourrait servir de support à certains protocoles thérapeutiques.

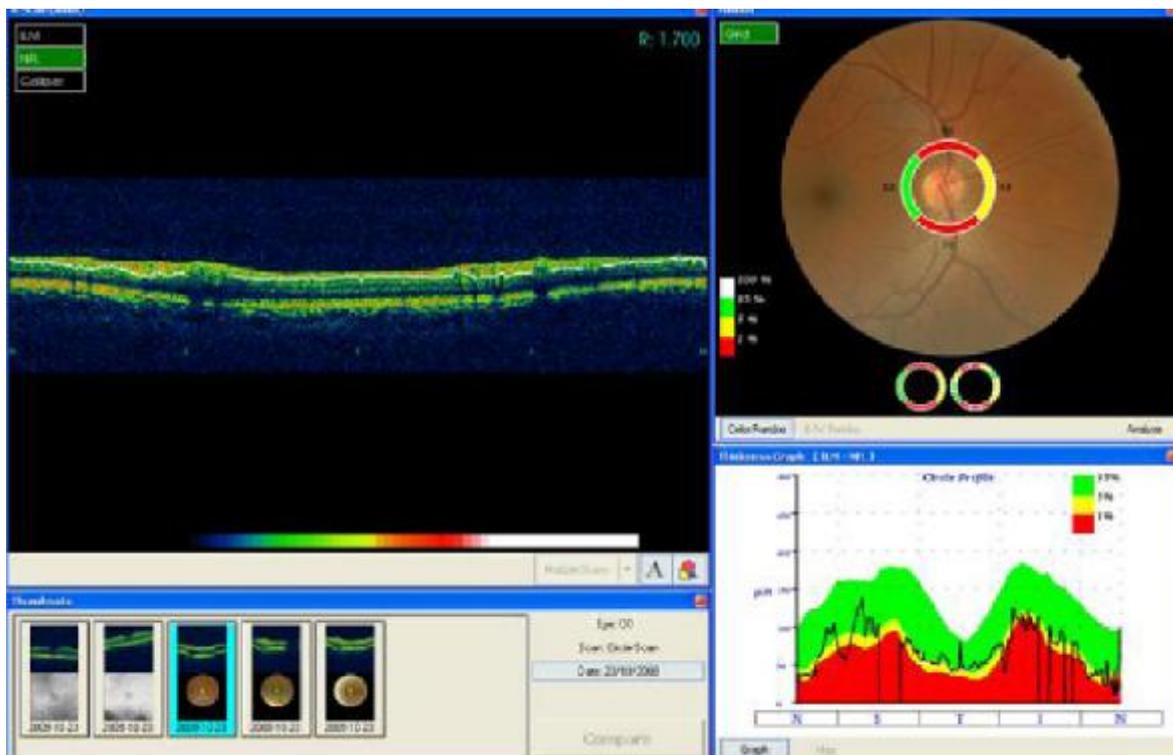


Figure 56 : Aspect OCT montrant un amincissement important de la couche de la RNFL chez un patient atteint d'une sclérose en plaque. (Notre service)

## F. Technologie avancée en OCT et perspectives :

- Doppler OCT et OCT angiographie: (46, 47)

En dehors de l'acquisition d'images morphologiques, l'OCT peut également détecter un décalage de fréquence Doppler de la lumière réfléchie, qui fournit des informations sur le flux et le mouvement. Wang et al. ont rapporté que des mesures reproductibles et répétitives de l'écoulement total de sang peuvent être obtenues en utilisant l'OCT Doppler.

Ceci indique clairement que le Doppler OCT peut jouer un rôle dans l'évaluation non invasive du débit sanguin rétinien chez des patients diabétiques. Il peut également être utilisé pour la visualisation des petits vaisseaux sanguins à l'intérieur de la macula.

Au cours de la réunion annuelle en 2012 de l'American Academy of Ophthalmology, une nouvelle méthode présentée : (OCT angiographie) pour la visualisation non invasive et en 3D d'un réseau de micro-capillaire de la rétine en trois dimensions à l'aide de l'OCT.

L'OCT angiographie s'est avéré être capable de montrer les vaisseaux sanguins de 10 microns de diamètre, révélant ainsi la non-perfusion vasculaire et identifier des micro-exsudats qui n'étaient pas visibles à l'examen clinique et à la photographie de fond d'œil, venant ainsi compléter l'angiographie à la fluorescéine.

L'OCT angiographie peut montrer encore plus de capillaires dans la macula péricentrale de l'angiographie à la fluorescéine et permet de discerner et de visualiser séparément le plexus capillaire superficiel et profond. Par conséquent, l'OCT angiographie pourrait fournir une solution complète en une seule modalité d'imagerie chez les patients présentant une maculopathie diabétique.

- EDI OCT (Enhanced Depth Imaging OCT) :

Une technologie récente, non invasive, dérivée de l'OCT, l'EDI-OCT, a révolutionné littéralement l'exploration de la choroïde. Spaide *et al.* ont été les pionniers de cette technique. L'engouement pour cette méthode d'exploration a été spectaculaire et immédiat. L'EDI-OCT permet enfin une approche quasi histologique de l'anatomie choroïdienne normale et pathologique : la supra-choroïde, la couche des gros vaisseaux de Haller, la couche des moyens vaisseaux de Sattler et enfin la choriocapillaire peuvent être individualisées. De plus, l'analyse de la choroïde en EDI-OCT couplée à l'ICG est très contributive. (48)

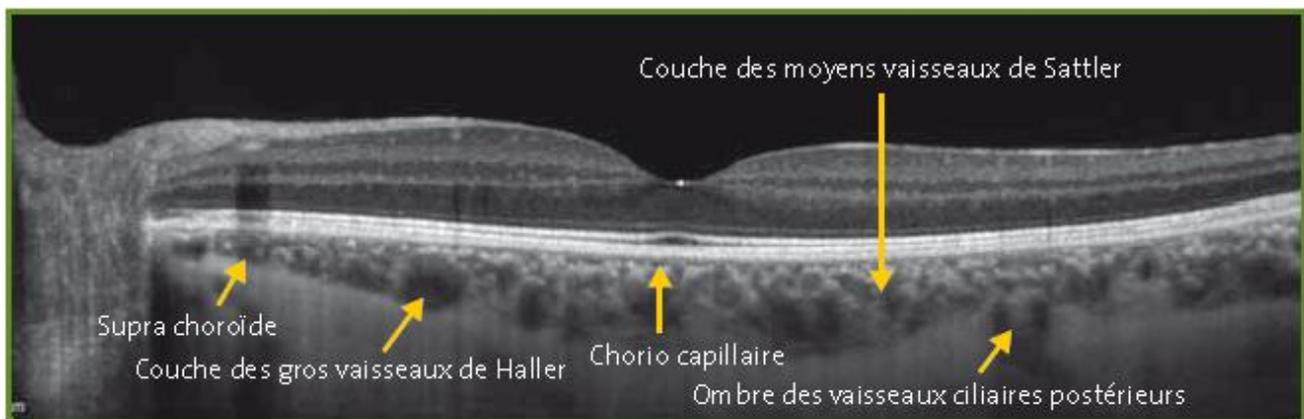


Figure 57: l'EDI-OCT normal d'une femme de 25 ans. (49)

- Swept source OCT (SS-OCT): (50, 51)

C'est une technologie très récente d'imagerie en OCT.

La vitesse de balayage dans les appareils SS-OCT est deux fois celui des dispositifs SD-OCT (100 000 A-scans/sec contre 50 000 A-scans/sec), permettant l'acquisition rapide de B-scans et une imagerie 3D du vitré, de la rétine et de la choroïde.

Il réalise un balayage large permettant de présenter le nerf optique et la macula sur la même analyse. Une visualisation simultanée de haute qualité du corps

vitré, la rétine et la choroïde est possible. Les couches de la choroïde qui sont difficilement discernables dans le SD-OCT conventionnel deviennent visibles. La nouvelle SS-OCT confirme les données histologiques antérieure : la structure de la choroïde se compose de plusieurs couches qui vont de la membrane de Bruch plus à l'intérieur de la choriocapillaire, couche Sattler, couche Haller, et de la lame suprachoroïde.

Les artères et les vaisseaux qui traversent la sclérotique peuvent également être visualisés.

Comparé à l'EDI OCT, le SS OCT est plus performant dans l'imagerie de la partie postérieure de la sclère.

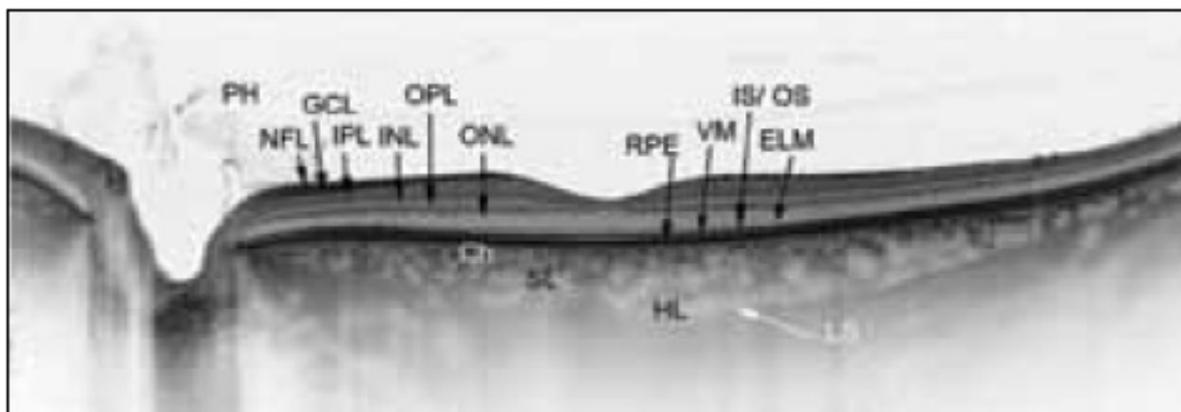


Figure 58 : SS-OCT 12-mm scan visualisant la tête du nerf optique et la macula d'un œil normal. (50)

- Lampe à fente adaptée au TD OCT ou SD OCT:

Une lampe à fente couplée à l'OCT (Slit-Lamp-Adapted Ultra-High Resolution OCT : SL UHR-OCT) permet d'analyser selon Hong et collaborateurs le segment antérieur, la macula et la couche RNFL de la papille optique. Mais c'est une technologie en cours de développement avec création d'une résolution axiale de 2µm. (52)

- OCT "en face": (53)

C'est une technique qui permet d'obtenir des coupes frontales de la rétine en suivant la concavité du pôle postérieur du globe oculaire.

Ces coupes permettent ainsi d'étudier séparément chaque couche de la rétine, elles sont utiles à la fois en clinique qu'en recherche.

- OCT portable:

Il comporte un système compact de SD-OCT avec un ordinateur intégré.

Facile à manipuler. Utile pour les enfants et chez des patients qui ont certaines conditions physiques.



Figure 59 : SD-OCT portable (54)

- OCT intégré au microscope opératoire et à la lampe à fente :

Les appareils OCT sont en perpétuel développement avec apparition de modèles de Spectral Domain OCT montés aux microscopes opératoires et aux lampes à fente

Permettant ainsi une imagerie et des vidéos en temps réel du segment antérieur et de la rétine au cours de la chirurgie vitreoretinienne. (55, 56)

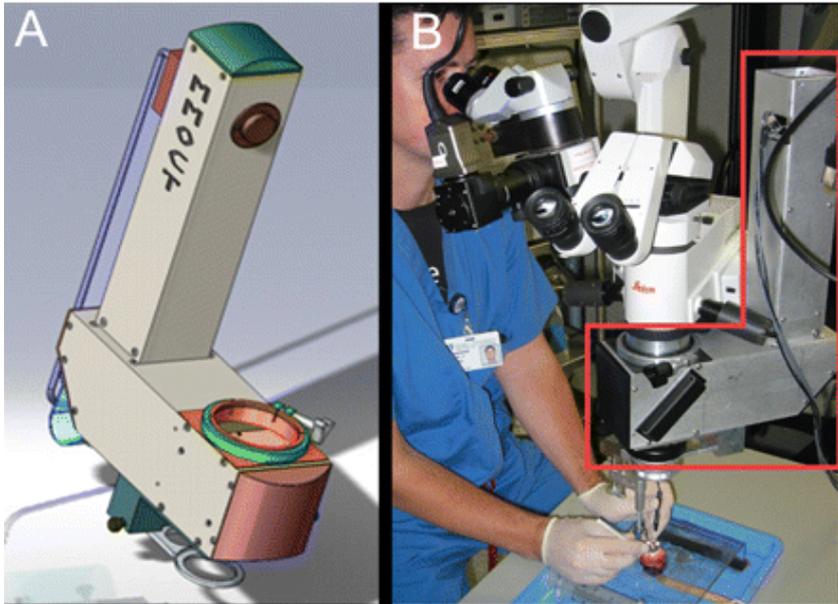


Figure 60: Illustration d'un appareil OCT intégré au Microscope opératoire. (56)

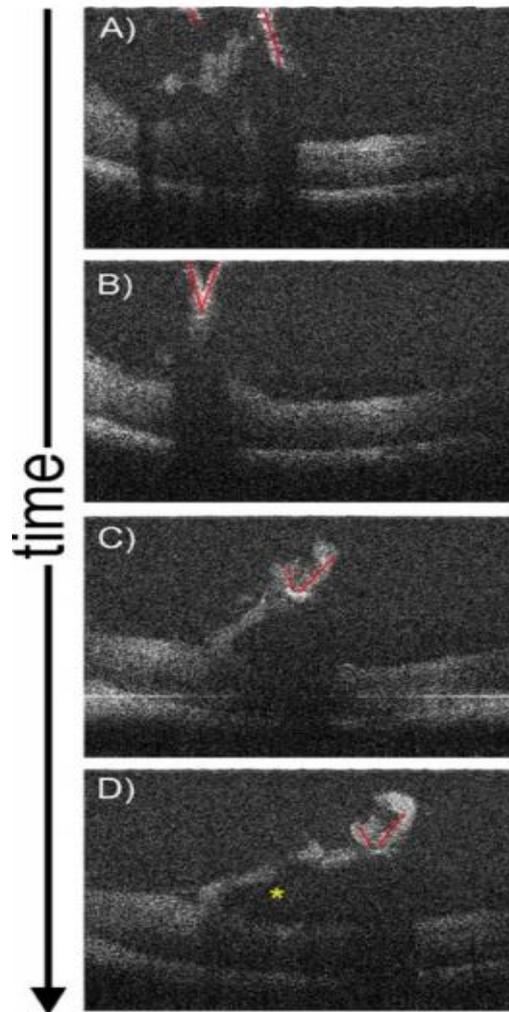


Figure 61 : images B-scan d'un OCT intégré au Microscope opératoire au temps réel retirées d'une vidéo. (57)

## Perspectives :

Autres axes de recherche comprennent l'augmentation de la profondeur de pénétration de l'imagerie dans les tissus biologiques, et l'exploitation de nouveaux contrastes tels que biréfringence optique permettant ainsi de fournir des informations supplémentaires sur la morphologie des tissus et de leur composition.

La combinaison de l'OCT plein champ et de la technique d'optique adaptative issue de l'astronomie permettra l'observation de la rétine in situ à l'échelle cellulaire. (58)

# CONCLUSION

L'OCT est une nouvelle méthode d'imagerie du pôle postérieur de haute résolution utilisant les faisceaux lumineux de faible cohérence et proches de l'infrarouge.

Il permet d'étudier le contraste de réflectivité optique entre les différentes microstructures du tissu rétinien et papillaire.

C'est une Technologie anodine, sans contact, facile à réaliser, rapide et en temps réel.

L'avènement de l'OCT dans le domaine spectral a largement contribué à améliorer la qualité des détails observés, laissant moins de place au doute diagnostique.

Combiné à l'examen clinique, à l'ophtalmoscopie directe et indirecte, à l'angiographie à la fluorescéine et aux différents tests visuels, l'OCT est un moyen diagnostique puissant pour une variété de pathologies oculaires. Dans certains cas, le diagnostic final peut être directement fait à partir des images de l'OCT.

L'examen OCT permet d'analyser l'interface vitréorétinienne, les modifications du tissu rétinien ou sous rétinien et de mesurer avec précision l'épaisseur rétinienne.

Il est également de plus en plus utilisé en pathologie glaucomateuse grâce à la mesure de l'épaisseur de la couche des fibres optiques et des cellules ganglionnaires.

Dans notre contexte, il a un grand intérêt diagnostique, pronostique et thérapeutique dans plusieurs pathologies notamment la rétinopathie diabétique, la DMLA, les uvéites et le glaucome.

# RESUME

La tomographie en cohérence optique (OCT) du pôle postérieur est une technologie récente apparue en 1996. Elle est basée sur un balayage du tissu rétinien par une lumière dont la longueur d'onde est proche de celle de l'infrarouge. Elle permet une analyse de la réflectivité des différentes couches de la rétine et de la papille en réalisant des coupes de haute résolution.

C'est une technologie à acquisition non contact, anodine, facile à réaliser, en temps réel et qui est reproductible.

Nous rapportons une étude rétrospective sur des malades vus en unité d'explorations du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de FES et ayant bénéficié d'une OCT du pôle postérieur sur une période de 6 mois entre les mois de Mai et Octobre 2013.

On a recruté 563 patients dont l'âge moyen est de 53,5ans avec une légère prédominance féminine. Les indications de l'OCT du pôle postérieur sont dominées par la rétinopathie diabétique (61%), les uvéites et la DMLA. L'œdème maculaire diabétique diffus est de loin l'anomalie la plus retrouvée. L'OCT papillaire est pathologique dans 50% des cas.

En ophtalmologie, L'apport de l'OCT du pôle postérieur dans des pathologies variées est très considérable. Dans notre contexte il a un intérêt tant sur le plan diagnostique, pronostique, thérapeutique et dans le suivi des malades.

# REFERENCES

1. F.Behar-Cohen, L.Kowalczyk, N.Keller et al. Anatomie de la rétine. Encycl Med Chir (Elsevier Paris), Ophtalmol.2009, 21-003-C-40
2. S. Younes. Les occlusions veineuses rétinienne (A propos de 26 cas), these Ophtalmologie, FES, FMPF de FES, 2012, p 7- 30
3. A. DUCASSE, C. ARNDT. Anatomie chirurgicale de la rétine et du vitré. In G. Caputo. Décollement de rétine. Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie. Paris. Elsevier Masson. 2011 ; p 8-13
4. Rouland JF. Anatomie de la papille optique. Encycl Méd Chir, Ophtalmologie, 1997 ; 21-008-A-05, 5 p.
5. Alain Bron, Jean Francois Roland ; la papille optique : Elsevier 2006.
6. F. Zahir. LE GLAUCOME PRIMITIF A ANGLE OUVERT (Apropos de 140 cas), these ophtalmologie, FES, FMPF de FES, 2012, p 33- 44
7. M.Pâques, P. Massin, A. Gaudric et al. Physiologie des vaisseaux rétinien. Encycl Med Chir (Elsevier Paris), Ophtalmol.1998. 21-024-C-20.
8. Romanet JP, Noel C. Humeur aqueuse et pression intra-oculaire. Encycl Méd Chir, Ophtalmologie, 1998 ; 21-020-D-10, 8 p.
9. A. Gaudric, B. Haouchine. Atlas en ophtalmologie. OCT de la macula Tomographie en Coherence Optique, Elsevier Masson, 2007, p 2-3.
10. M. Born, E. Wolf. Principles of Optics, 6th ed. New York: Pergamon Press; 1980.
11. Takada K, Yokohoma I, Chida K, Noda J. New measurement system for fault location in optical waveguide devices based on an interferometric technique. Appl Opt 1987; 26:1603-1606.

12. D. SACCHET. Tomographie par cohérence optique plein champ linéaire et non linéaire. These physique. Paris, 2010. Faculté des Sciences d'Orsay. P 18-19.
13. M. OUADOUR-ABBAR. PRINCIPE DE TOMOGRAPHIE ET SPECTROTOMOGRAPHIE. OPTIQUE DE COHERENCE PAR INTERCORRELATION SANS BALAYAGE BASEE SUR UN RESEAU DE DIFFRACTION. Thèse Sciences pour l'Ingénieur, Besançon L'UNIVERSITÉ. DE FRANCHE-COMTÉ de Besançon. 2009. P 26-28.
14. R. A. Leitgeb, W. Drexler, A. Unterhuber, B. Hermann, T. Bajraszewski, T. Le, A. Stingl, A. F. Fercher, "Ultrahigh resolution Fourier domain optical coherence tomography", *Opt. Express*, 2004; 12 (10), pp. 2156-2165.
15. G. Ducos de Lahitte, C. Terrada. L'OCT en images. Ed. Medcom. Paris. 2011.
16. A. Lefrançois. Mon expérience de l'OCT de segment postérieur pour le dépistage et le suivi objectif du glaucome. *JFO-07-2008* ; 31 (6). P 10-18.
17. A. Maalej, W. Turki Hadj-Alouane, R. Rannen, S. Gabsi. Mesure de l'épaisseur rétinienne à l'OCT : quelle méthode choisir ? *Journal Français d'Ophtalmologie*. 2008 ; 31(1), p117.
18. Yves Iachkar, Eric Sellem ; la papille glaucomateuse en pratique ; p 67-72.
19. C.A. Pulfiato, MR. Hee, J.S. Schuman, J.G. Fujimoto. Optical coherence tomography of ocular diseases. P 3-15.
20. H. A. Quigley, G.R. Dunkelberger, W.R. Green. Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1989; 107: 453—64.

21. L. Bartosz, Sikorski, G. Malukiewicz, J. Stafiej, *The Diagnostic Function of OCT in Diabetic Maculopathy*, Hindawi Publishing Corporation, 2013; p 12.
22. D. N. Koleva-Georgieva, N. P. Sivkova, *Types of diabetic macular edema assessed by optical coherence tomography*, *Folia Medica*; 2008; 50 (3). p. 30–38.
23. J. I. Patel, P. G. Hykin, M. Schadt, V. Luong, F. Fitzke, Z. J. Gregor, *Pars plana vitrectomy for diabetic macular oedema: OCT and functional correlations*, *Eye*, 2006; 20 (6). p 674– 680.
24. S.D. Pendergast, T. S.Hassan, G. A.Williams, *Vitrectomy for diffuse diabetic macular edema associated with a taut premacular posterior hyaloids*. *American Journal of Ophthalmology*. 2000; 130 (2),p 178–186, 2000.
25. A. Ophir, R. Hanna, M. R. Martinez. *Importance of 3-D image reconstruction of spectraldomain OCT on outcome of grid laser photocoagulation for diffuse diabetic macular edema*, *Clinical Research, int journal ophtalmology*, 2013; 6 p 836–843.
26. G. E. Lang. *Optical coherence tomography findings in Diabetic Retinopathy*, *Dev Ophtalmol. Basel, Karger*, 2007; 39, p 31–47.
27. G. E. Lang. *Laser treatment of Diabetic retinopathy*. *Dev Ophtalmol. Basel, Karger*, 2007; 39, p 48–68.
28. K. Pakzad-Vaezi, C. Or, S. Yeh, F. Forooghian *Optical coherence tomography in the diagnosis and management of uveitis*. *Canadian Journal of Ophthalmology*. 2014; 49(1): p18–29.

29. I. Meunier. Vascularites réiniennes. In Salmon Yve Cohen, Alain Gaudric. Inflammation. Paris. Lavoisier. Medecine Sciences Publications. Rétine. 2012; p 171-183.
30. M. Khairallah, R. Kahloun, S. Ben Yahia, B. Jelliti. Clinical, Tomographic, and Angiographic Findings in Patients with Acute Toxoplasmic Retinochoroiditis and Associated Serous Retinal Detachment. Ocul Immunol Inflamm. 2011; 19(5). p 307-310.
31. Y. Ouyang., U. Pleyer., Q. Shao, P. A. Keane, N. S. biger, A. M. Joussem, S. R. Sadda, F. M. Heussen. Evaluation of Cystoid Change Phenotypes in Ocular Toxoplasmosis Using Optical Coherence Tomography. PLoS One. 2014;9(2).
32. C. Parc, J. M. Guenoun, R. Dhote, A. Brézin. Optical Coherence Tomography in the Acute and Chronic Phases of Vogt-Koyanagi-Harada Disease. Ocul Immunol Inflamm. 2005; 13(2-3) , P 225-227.
33. M. Cuvier, O. Offret, G. Renard. L'OCT dans la dégénérescence maculaire liée à l'âge. RFO-09. 2011 ; 4(3).p 98-102.
34. Z. Yehoshua, P. J. Rosenfeld, G. Gregor; F. Penha. Spectral Domain Optical Coherence Tomography Imaging of Dry Age-Related Macular Degeneration. Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging. 2010 ; 41 (6) .
35. S.Y. Cohen, T. Grenet. La maculopathie liée à l'âge (ou DMLA débutante). In Salmon Yve Cohen, Alain Gaudric. La dégénérescence maculaire liée à l'âge. Medecine sciences. Publications. Rétine. 2012 ; 7.p 32-40.
36. F. D. Bats, B. Wolff, M. Mauget-Fayssse, I. Meunier, P. Denis, L. Kodjikian. Association of Reticular Pseudodrusen and Early Onset Drusen. ISRN Ophthalmol. 2013 .

37. E. Souied, K. Atmani, G. Querques. Formes cliniques de la DMLA exsudative. In Salmon Yve Cohen, Alain Gaudric. La dégénérescence maculaire liée à l'âge. Médecine sciences. Publications. Rétine. 2012 ; 7. p 49-65.
38. S.Y. Cohen, T. Grenet, dégénérescence maculaire atrophie liée à l'âge. In Salmon Yve Cohen, Alain Gaudric. La dégénérescence maculaire liée à l'âge. Medecine sciences. Publications. Rétine. 2012 ; 7. p 42-48.
39. Yamaike N, Tsujikawa A. Three-dimensional imaging of cystoids macular edema in retinal vein occlusion. *Ophthalmology* 2008; 115:355-62.
40. Coscas G, Coscas F. SD-OCT pattern of retinal venous occlusion with cystoids macular edema treated with Ozurdex. *Eur J Ophthalmol* 2011.
41. A. Lefrançois. Mon experience de l'OCT de segment posterieur pour le depistage et le suivi objectif de glaucome. *Journal Français d'Ophtalmologie*. 2008 ; 31(6-2). P2510-2518.
42. K.M. Carmen, M.R.C.P. Chan. The use of optical coherence tomography in neuro-ophthalmology. *HK J Ophthalmol*. 2001; 15(1). p12-19.
43. O. Sarac, Y.Y. Tasci, C. Gurdal, I. Can. Differentiation of optic disc edema from optic nerve head drusen with spectral-domain optical coherence tomography. *J Neuroophthalmol*. 2012;32(3):207-11.
44. M. hata, K. Miyamoto, A. Oishi, Y. Kimura, S. Nakagawa, T. Horii, N. Yoshimura. Measurement of retinal nerve fiber layer thickness in eyes with optic disc swelling by using scanning laser polarimetry and optical coherence tomography. *Clinical Ophthalmology* 2014;8 105-111.

45. B. Jennifer, B.S. Fisher, A. Dina Jacobs, E. Clyde Markowitz, L. Steven Galetta. Relation of Visual Function to Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Multiple Sclerosis. *Ophthalmology the American Academy of Ophthalmology*. 2006; 113.p324–332.
46. L. Bartosz Sikorski, G. Malukiewicz, J. Stafiej. The Diagnostic Function of OCT in Diabetic Maculopathy. Hindawi Publishing Corporation. 2013; p12.
47. Y. Wang, A. A. Fawzi, R. Varma, "Pilot study of optical coherence tomography measurement of retinal blood flow in retinal and optic nerve diseases," *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 2011; 52(2), p. 840–845.
48. R.F. Spaide, H. Koizumi, M.C. Pozzoni. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*, 2008; 146.p 496–500.
49. M. MAUGET-FAÏSSE, B. WOLFF. L'imagerie de la choroïde normale et pathologique par la technique d'"Enhanced Depth Imaging OCT". *Réalités ophtalmologiques*.2012.
50. Z. Michalewska, J. Michalewski, J. Nawrocki. Swept-source OCT. *Retina Today*. 2013; p50–56.
51. H.Y. Park, H.Y. Shin, C.K. Park .Imaging the Posterior Segment of the Eye using Swept-Source Optical Coherence Tomography in Myopic Glaucoma Eyes: Comparison With Enhanced-Depth Imaging. *Am J Ophthalmol*. 2014; 157 (3):550.

52. H. Jiang, F. Abukhalil, M. Shen, G. Gregori, B. L. Lam, Y. Wang, J. Wang. Slit-lamp-adapted ultra-high resolution OCT for imaging the posterior segment of the eye," *Ophthalmic Surg. Lasers Imaging. Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*. 2012; 43(1): p 76-81.
53. B. Lumbroso, M. Rispoli, C. Savastano. L'examen OCT en face dans les affections de la rétine. In Franck Fajnkuchen. *Techniques d'exploration de la rétine*. Médecine sciences publications. 2012; p98-104.
54. N.H. Cho, K. Park, R.E. Wijesinghe, Y.S. Shin. Development of real time dual-display handheld and bench top hybrid-mode SD-OCTs. *Sensors (Basel)*. 2014; 14(2): 2171-2181.
55. K. M. Augenheilkd. Optical coherence tomography: from retina imaging to intraoperative use - a review. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2009; 226(12):958-64.
56. J.P. Ehlers, Y.K. Tao, S. Farsiu, R. Maldonado, J.A. Izatt, C.A. Toth. Integration of a spectral domain optical coherence tomography system into a surgical microscope for intraoperative imaging. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013; 251(1):213-20.
- 57: P. Hahn, J. Migacz, R. O'Connell, J.A. Izatt, C.A. Toth. Unprocessed real-time imaging of vitreoretinal surgical maneuvers using a microscope-integrated spectral-domain optical coherence tomography system. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013; 251(1).p 213-20.
58. A. Dubois, C. Boccara. L'OCT plein champ. *Médecine sciences*. 2006 ; 22(10). p 859-864.