

## Électrorétinogramme multifocal

I. MEUNIER, S. MAJZOUB

### L'essentiel

- L'électrorétinogramme multifocal (ERGMf) permet une cartographie sélective et objective de la fonction des cônes des dix degrés maculaires.
- Cet examen teste majoritairement la réponse locale de la rétine interne de la zone maculaire.
- Un mauvais fonctionnement des cônes se traduit par une diminution des amplitudes et/ou une augmentation des latences dans la zone atteinte.
- Dans les œdèmes maculaires, la diminution du pic fovéolaire est fonction de la baisse d'acuité visuelle et de la durée de l'œdème.
- L'ERGMf montre une atteinte précoce chez les patients diabétiques avant même l'apparition des signes de rétinopathie.
- L'ERGMf a été détrôné par le couple SD-OCT–champ visuel dans l'œdème maculaire.

Développé par Sutter et Tran en 1991, l'électrorétinogramme multifocal (ERGMf) est le seul examen avec le *pattern* ERG qui permet une cartographie sélective et objective de la fonction des cônes de cinq régions concentriques centrales des dix degrés maculaires, alors que l'ERG champ total peut être normal et que le champ visuel reste un examen subjectif.

L'ERGMf a pris une place importante dans le bilan fonctionnel des baisses d'acuité visuelle à fond d'œil normal. Il permet de différencier une maculopathie dite occulte d'une neuropathie optique quand il existe un scotome central ou centro-cæcal avec un ERG flash normal et des PEV damiers altérés. Il est nécessaire dans le dépistage de lésions maculaires infracliniques, en particulier dans la surveillance des antipaludéens de synthèse. Il trouve aussi un intérêt dans les baisses d'acuité visuelle dites non organiques ou psychogènes, avec un ERG et des PEV damiers normaux, afin de prouver l'absence de maculopathie occulte sous-jacente. À l'inverse, quelle peut être la place de l'ERGMf quand

la macula est altérée, notamment dans la rétinopathie diabétique ou dans les occlusions veineuses rétinienne compliquées ou non d'un œdème maculaire ?

### ■ RÈGLES DE RÉALISATION ET D'INTERPRÉTATION DE L'ERGMF

Selon les critères de l'ISCEV (2008), le patient doit être dilaté, porter la correction (équivalent sphérique de la correction optimale + 3) et avoir une fixation stable. Ainsi, il est difficilement réalisable avant l'âge de 8 ans et en cas de troubles des fonctions supérieures. L'examen est réalisé en ambiance photopique, après une adaptation d'au moins 10 minutes à la lumière. La stimulation et l'enregistrement se font en monoculaire. Un verre convexe de forte puissance (+ 12) est placé devant l'œil non stimulé afin de pénaliser la vision sans désadapter l'œil à la lumière. Ce n'est que si le patient a des difficultés de fixation qu'on devra occulter cet œil. Les scotomes centraux rendent la fixation difficile. Il faut faire fixer en binoculaire ou demander au patient de regarder droit devant et le lui rappeler régulièrement. Ce dernier point est à retenir dans les cas de rétinopathie diabétique ou d'occlusions veineuses.

Le signal généré par les stimulations hexagonales ou petit ERG focal est composé d'une première onde négative N1 qui correspond à l'hyperpolarisation des cellules bipolaires « OFF » et l'hyperpolarisation des cônes. Elle est suivie d'une onde positive P1 : probable retour à l'état de base des cellules bipolaires « OFF » et la dépolarisation des cellules bipolaires « ON » des cônes. Enfin, la courbe se termine par une onde négative N2 dont l'origine est mal connue. Cet examen teste donc majoritairement la réponse locale de la rétine interne de la zone maculaire (fonctionnement des cônes maculaires et des cellules bipolaires « ON » et « OFF » auxquelles ils sont reliés) (fig. 5-27).

Au-delà des réponses élémentaires, on peut présenter les réponses (classiquement l'onde P1) en fonction de leur degré d'excentricité par des anneaux, des quadrants, un code couleur ou comme un relevé du champ visuel (fig. 5-28 et 5-29). Ce codage permet de normaliser les mesures du patient à celles d'un sujet normal et d'âge comparable puisque le vieillissement s'accompagne d'une diminution des amplitudes. Ainsi, les valeurs normales apparaissent en vert, les valeurs anormales en rouge et les valeurs limites (*borderline*) ou subnormales en rose. Une carte « 3D » présente les mêmes résultats mais en relief, ce qui permet une visualisation plus conviviale et évidente (fig. 5-29).

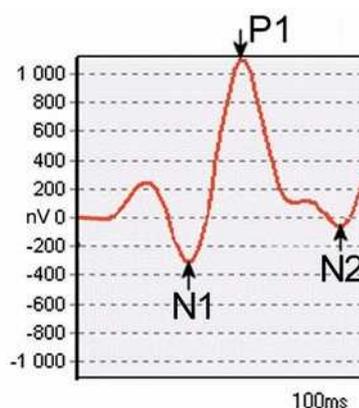
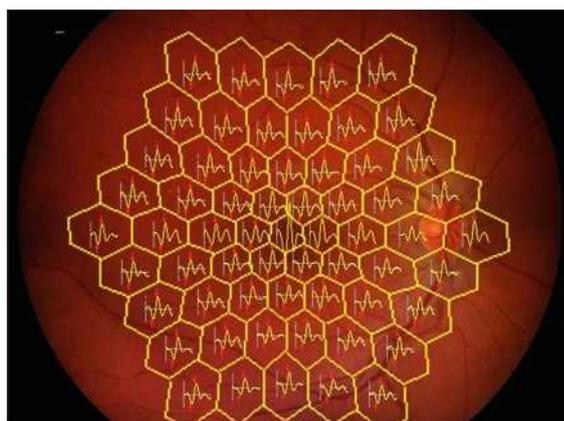
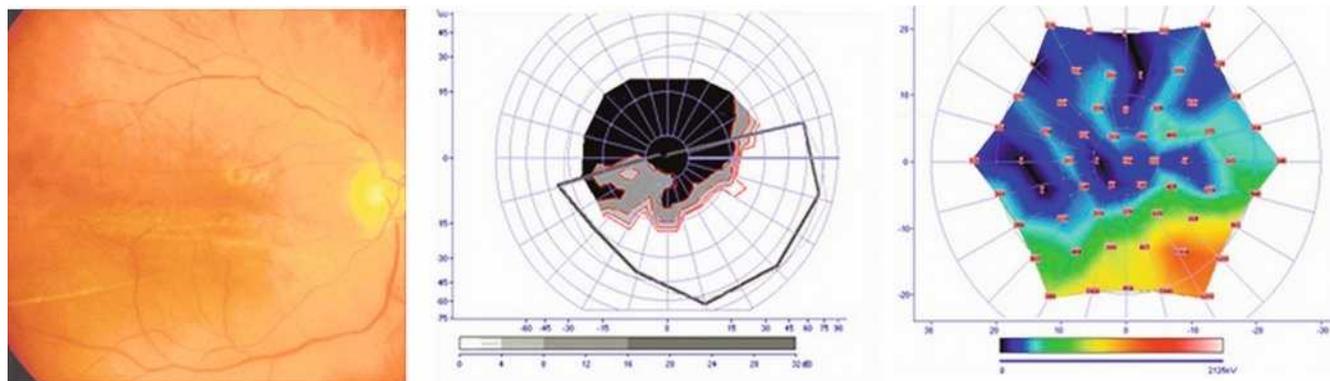
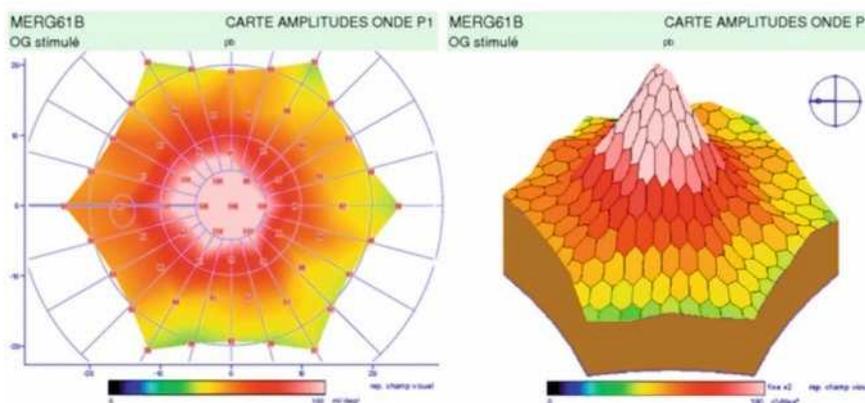
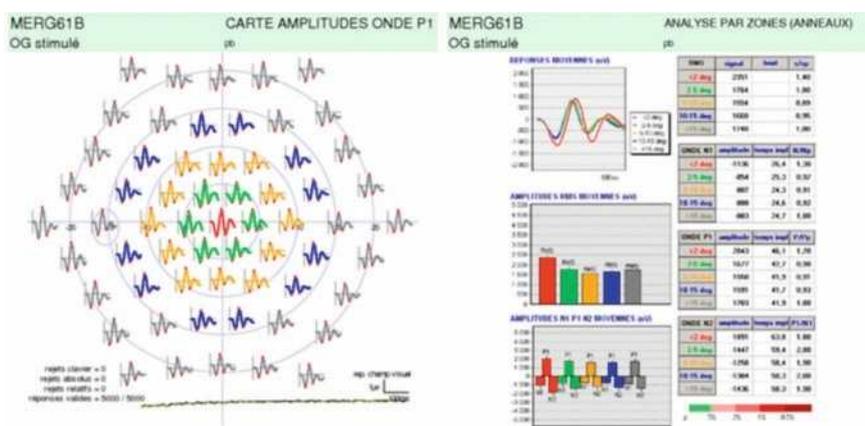


Fig. 5-27 Représentation des ERG élémentaires sur le fond d'œil (40° sur 50°) et schéma de l'ERGMf élémentaire normal.



**Fig. 5-28** Décollement de rétine inférieure.

a. Rétinophotographie. b. Champ visuel. c. ERGmf. Les résultats se présentent comme un champ visuel : le décollement de rétine inférieure est représenté par un déficit profond supérieur.



**Fig. 5-29** Différents modes de représentation de l'ERGmf.

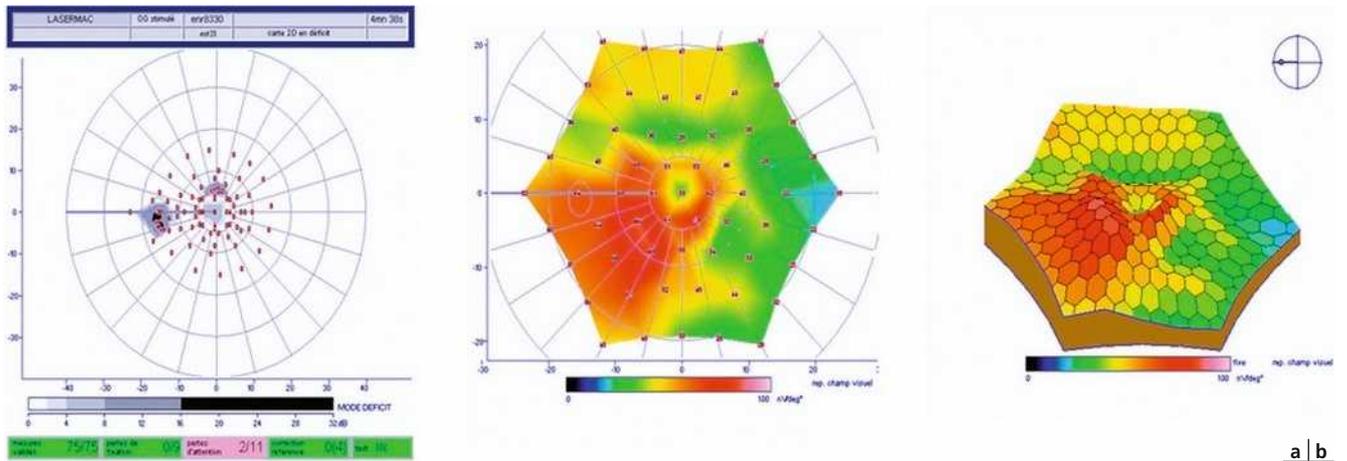
Ces données globales font l'objet d'une analyse par zone. Il s'agit soit d'anneaux concentriques (analyse par anneaux : a et d), soit par quadrants en 2D (b) ou en 3D (c). Des histogrammes avec un code couleur et des tableaux donnent l'ensemble des valeurs des amplitudes et des temps implicites moyens de chacune des ondes N1, P1 et N2 (d).

### ■ INTÉRÊT DE L'ERGmf DANS LES PATHOLOGIES RÉTINIENNES MACULAIRES DONT L'ŒDÈME MACULAIRE

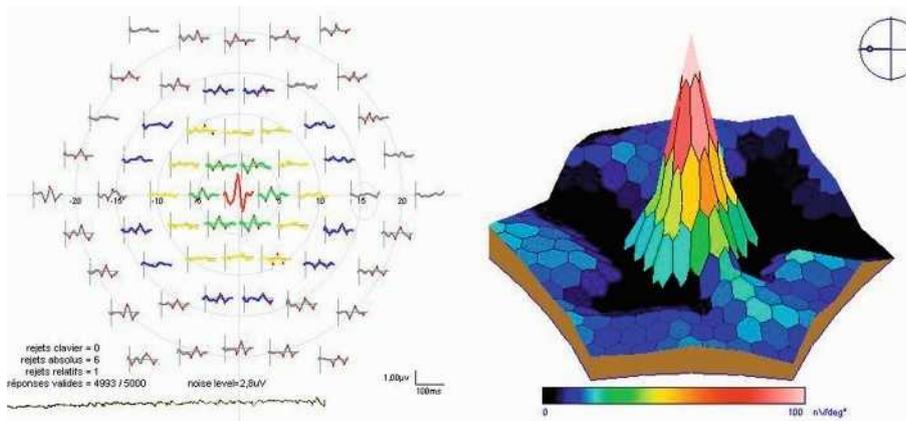
Un mauvais fonctionnement des cônes, même localisé, se traduit par une diminution des amplitudes et/ou une augmentation des latences dans la zone atteinte (fig. 5-29 à 5-33). Dans les œdèmes maculaires, la diminution du pic fovéolaire est fonction de la baisse d'acuité visuelle et de la durée de l'œdème et donc de la perte des cônes. Il y a également une diminution des amplitudes des anneaux périfovéolaires corrélée à la sensibilité rétinienne, c'est-à-dire à la surface et à l'intensité du déficit du champ visuel

(fig. 5-30). Cette corrélation entre le déficit campimétrique et l'ERGmf est vérifiée dans les pathologies avec atteinte des couches externes de la rétine, ce qui n'est pas le cas dans les neuropathies.

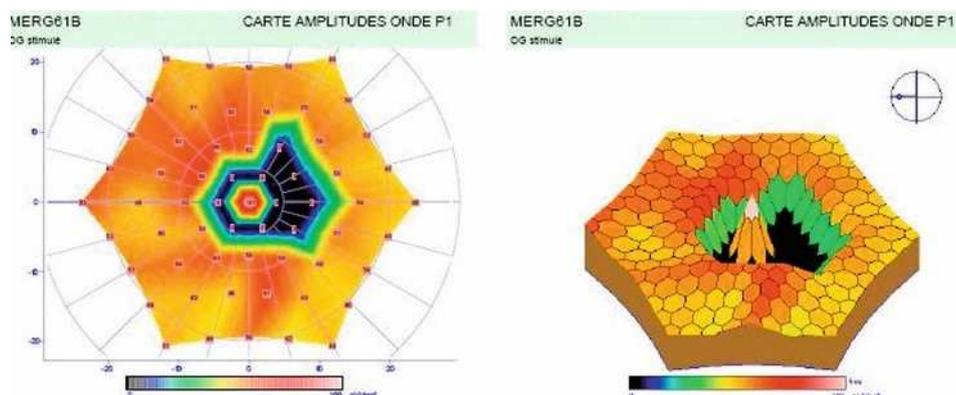
L'ERGmf (comme le champ visuel) donne une carte précise, objective et reproductible (sous réserve de la coopération du patient et de la stabilité de la fixation) des zones maculaires altérées et préservées et peut orienter vers une cause notamment à la phase séquellaire où le fond d'œil peut sembler normal (atteinte d'un secteur dans les séquelles d'occlusion de branche). Malgré cela, l'ERGmf a peu de rôle dans le diagnostic ou dans le suivi des œdèmes maculaires car il a été détrôné par le SD-OCT. Cette technique d'imagerie reproductible et non invasive donne une évaluation précise de l'architecture maculaire avec les calculs :



**Fig. 5-30** Séquelle d'occlusion de branche veineuse rétinienne. a. Champ visuel. b. ERGmf. Le déficit central localisé est superposable dans les deux méthodes.



**Fig. 5-31** Déficit paracentral avec préservation du pic fovéolaire dans une rétinopathie pigmentaire.



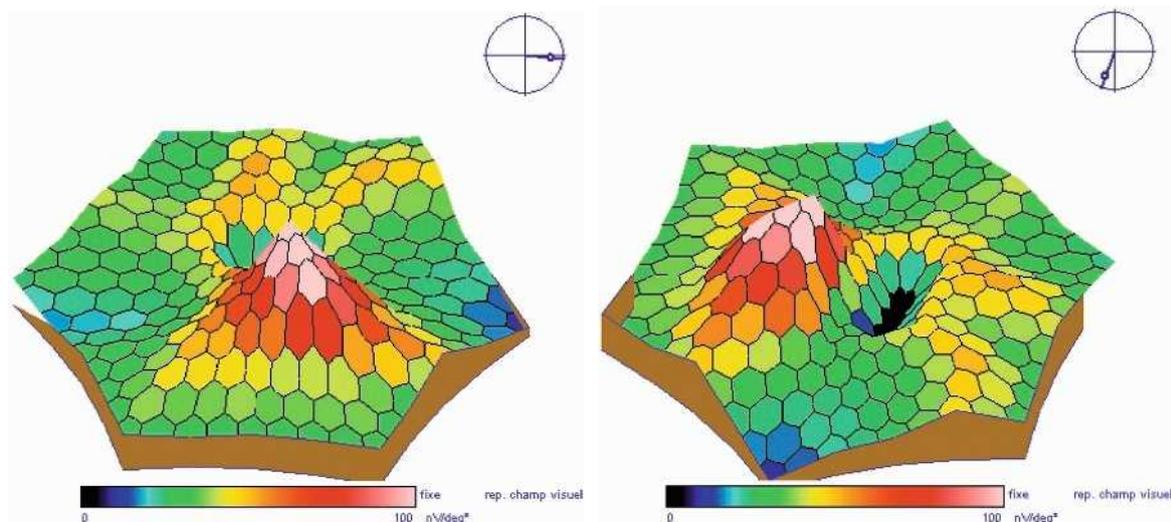
**Fig. 5-32** Déficit péricentral d'une intoxication aux antipaludéens de synthèse.

- des épaisseurs de la rétine et de leurs variations portant sur les différentes couches (atteinte rétine interne versus atteinte rétine externe) ;
- de la perte de fonction, telle la perte des photorécepteurs par l'analyse de la couche nucléaire externe, de la ligne ellipsoïde et de la ligne épithélium pigmentaire-membrane de Bruch.

L'ERGmf garde une place dans les protocoles de recherche ou de thérapie de l'œdème maculaire en complément du SD-OCT et du champ visuel central subjectif.

## ERGmf ET RÉTINOPATHIE DIABÉTIQUE

L'ERGmf est un outil pronostique de la rétinopathie diabétique [1–8]. Il est démontré que les temps séparant la stimulation des différents pics, notamment le pic de l'onde P1, sont précocement augmentés chez les patients diabétiques avant même l'apparition de signes de rétinopathie. Une augmentation d'une unité du taux de l'HbA1c s'accompagne d'une augmentation de 80 % du nombre d'hexagones anormaux. Ces altérations aux stades infracliniques peuvent être une



**Fig. 5-33** ERGmf.

Dans la cartographie en 3D, il est important de noter que la zone en arrière du pic fovéolaire n'est visible que si on opère une rotation de la représentation 3D grâce aux flèches horizontales du pavé numérique du clavier. Dans cet exemple, le pic fovéolaire masquait le déficit qui est devenu visible grâce à la rotation de la carte 3D.

mesure fiable et reproductible pour le calcul du risque de progression vers une rétinopathie diabétique après l'équilibre diabétique.

Il faut tenir compte dans ces évaluations que toute hyperglycémie au moment de la réalisation de l'ERGmf peut à l'inverse diminuer les temps de réponse [4] ; ceci serait lié à l'accélération du métabolisme de la rétine par l'hyperglycémie.

### ERGmf ET OCCLUSIONS VEINEUSES RÉTINIENNES

À l'aire du SD-OCT, les indications de l'ERGmf restent limitées dans les occlusions veineuses. Cet examen permet de cartographier sur les 103 hexagones étudiés les zones altérées caractérisées par une diminution de l'amplitude des réponses et une augmentation des temps de latence des ondes P1. L'atteinte est d'autant plus sévère qu'il y a une ischémie maculaire. L'intérêt est là encore dans la recherche clinique et dans l'évaluation des réponses aux traitements [9–13]. Par contre, l'ERGmf peut avoir un intérêt à distance de l'épisode occlusif lorsque la macula est normale mais que le patient reste symptomatique avec une baisse de l'acuité visuelle ou un scotome central. Cependant, le champ visuel et le SD-OCT restent là encore les examens de référence.

En conclusion, l'ERG multifocal a été détrôné par le couple SD-OCT–champ visuel dans l'œdème maculaire, les occlusions veineuses et la maculopathie diabétique. Il reste indiqué dans des protocoles de recherche clinique en complément du SD-OCT et du champ visuel.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Palmowski AM, Sutter EE, Bearse MA, et al. Mapping of retinal function in diabetic retinopathy using the multifocal electroretinogram. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997 ; 38 : 2586-96.
- [2] Greenstein VC, Holipigian K, Hood DC, et al. The nature and extent of retinal dysfunction associated with diabetic macular edema. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000 ; 41 : 3643-54.
- [3] Fortune B, Schneck ME, Adams A. Multifocal electroretinogram delays reveal local retinal dysfunction in early diabetic retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999 ; 40 : 2638-51.
- [4] Klemp K, Larsen M, Sander B, et al. Effect of short-term hyperglycemia on multifocal electroretinogram in diabetic patients without retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004 ; 45 : 3812-9.
- [5] Ng JS, Bearse MA, Schneck ME, et al. Local diabetic retinopathy prediction by multifocal ERG Delays over 3 years. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008 ; 49 : 1622-8.
- [6] Lakhani E, Wright T, Abdolell M, et al. Multifocal ERG defects associated with insufficient long-term glycemic control in adolescents with type 1 diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010 ; 51 : 5297-303.
- [7] Harrison WE, Bearse MA, Ng JS, et al. Multifocal electroretinograms predict onset of diabetic retinopathy in adult patients with diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011 ; 52 : 772-7.
- [8] Greenstein VC, Chen H, Hood DC, et al. Retinal function in diabetic macular edema after focal laser photocoagulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000 ; 41 : 3655-64.
- [9] Dolan FM, Parks S, Keating D, et al. Multifocal electroretinographic features of central retinal vein occlusion. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003 ; 44 : 4954-9.
- [10] Abdel-Kader M, El-Dessouky WM. Multifocal electroretinogram in retinal vein occlusion. *Saudi J Ophthalmol* 2010 ; 24 : 125-32.
- [11] Hvarfner C, Andreasson S, Larsson J, et al. Multifocal electroretinogram in branch retinal vein occlusion. *Am J Ophthalmol* 2003 ; 136 : 1163-5.
- [12] Park S, Cho IH, Park TK, et al. Extrafoveal changes following intravitreal bevacizumab injections for macular edema secondary to branch retinal vein occlusion: a mfERG and OCT study. *Doc Ophthalmol* 2013 ; 126 : 137-48.
- [13] Querques G, Lattanzio R, Querques L, et al. Impact of intravitreal dexamethasone implant (Ozurdex) on macular morphology and function. *Retina* 2014 ; 34 : 330-41.