

Centre d'Etudes de Physiologie nerveuse et d'Electrophysiologie du C.N.R.S. — Paris

STRUCTURE INTIME DE L'ORGANE ELECTRIQUE DE TROIS MORMYRIDES

Par

TH. SZABO

Avec 10 Figures dans le Texte

(Eingegangen am 4. Juni 1958)

Inhalt

Seite

Technique	33
Description de l'organe électrique	33
A. <i>Gnathonemus senegalensis elongatus</i> . 1. Aspect macroscopique. 2. Aspect microscopique. 3. Structure histologique. a) Les lames. b) L'électroplaque, unité élémentaire de l'organe électrique	34—36
B. <i>Petrocephalus bovei</i>	38
C. <i>Mormyrus hasselquisti</i>	38
Examen des résultats. a) Reconstitution de l'électroplaque. b) Innervation	39—41
Discussion — Examen critique des données anatomiques antérieures	43
Résumé	45
Bibliographie	45

Parmi les différents organes électriques, celui des Mormyrides pose actuellement encore un certain nombre de problèmes, en raison des contradictions et des incertitudes, concernant leur structure microscopique, qui ressortent de la lecture des travaux antérieurs (G. FRITSCH 1891, J. OGNEFF 1898 et H. SCHLICHTER 1906). La cause en est sans doute la grande hétérogénéité de ce groupe de Poissons et, également, l'insuffisance des techniques utilisées à cette époque. Il nous a donc paru intéressant d'aborder à notre tour cette étude. Grâce à nos techniques histologiques modernes, nous avons pu ainsi mettre en évidence aussi bien la forme et la structure des unités élémentaires fonctionnelles des organes que la localisation des terminaisons nerveuses et ainsi le type d'innervation de ces unités.

Technique

Nos observations ont porté sur une dizaine de *Gnathonemus senegalensis elongatus* et sur des fragments d'organe de *Petrocephalus bovei* et de *Mormyrus hasselquisti*. Les méthodes histologiques usuelles ont été employées: fixation dans le mélange de Bodian II (formol + acide acétique + alcool), fixateur présentant, certes, un effet rétrécissant, mais excellent pour l'imprégnation des éléments nerveux à l'albuminate d'argent activé; décalcification; inclusion des pièces à la paraffine ou à la celloidine; coloration différentielle de MALLORY et imprégnation à l'argent réduit (technique de BODIAN et REUMONT). Nous avons préféré les coupes à la celloidine aux coupes à congélation, car elles peuvent être utilisées comme ces dernières si on enlève la matière d'inclusion au préalable, mais offrent en outre l'avantage de permettre des coupes sériées¹.

Description de l'organe électrique

Pour la description macroscopique de l'organe et pour l'examen microscopique de ses structures fines, nous nous sommes servi uniquement de specimen de

¹ Je tiens à remercier M. J. DAGET, Chef du Laboratoire de Diarafabé, qui ma procuré les poissons nécessaires à mes expériences histologiques.

Gnathonemus, espèce qui par ailleurs, n'a jamais fait l'objet de recherches. Les fragments d'organe de *Petrocephalus bovei* et de *Mormyrus hasselquisti* ne nous serviront que pour déterminer la forme de l'électroplaque et son type d'innervation. Etant donné le très grand nombre d'espèces dans la famille des Mormyridés (250 environ) nous pensons que les formes et les types d'innervation d'électroplaque décrits ci-dessous, ne sont probablement pas les seules existant, même s'ils se retrouvent dans le plus grand nombre d'espèces.

A. Gnathonemus senegalensis elongatus

1. Aspect macroscopique. Comme tous les autres Mormyridés, le *Gnathonemus* possède quatre organes électriques logés dans la queue et disposés symétriquement deux à deux par rapport à l'axe cérébrospinal: une paire épiaxiale, c'est-à-dire dorsale, et une paire hypoaxiale, ventrale. Ces quatre organes s'étendent sur la longueur de huit vertèbres, ce qui représente 25 mm; l'extrémité craniale arrive jusqu'au point d'insertion postérieure de la nageoire anale, tandis que l'extrémité

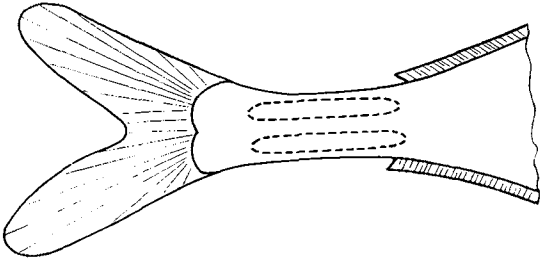


Fig. 1. Dessin schématique d'une queue de *Gnathonemus* vue de profil; en pointillé, emplacement de l'organe électrique

caudale n'atteint pas tout à fait la nageoire caudale. En coupe frontale, les organes remplissent entièrement l'espace situé sous le tégument et leur ensemble forme un ovale aplati dans le sens dorso-ventral, dont le milieu est occupé par la colonne vertébrale, chaque organe constituant un quart de l'ovale.

Les deux masses paires, dorsales et ventrales, apparaissent séparées par une cloison horizontale tendue entre la colonne vertébrale et le tégument, tandis que les apophyses vertébrales médio-dorsale et médio-ventrale séparent les organes squelettiques.

Vu de profil, un organe prend une forme allongée oblongue (Fig. 1), il est partiellement surmonté soit par les muscles de la nageoire caudale, soit par le muscle latéral et les muscles latéro-dorsaux et ventraux. Le tendon du premier muscle, très développé, se dirigeant vers la queue, cache la partie de l'organe placée contre la cloison collagène horizontale; ce tendon est toutefois facile à déplacer, car il n'est attaché ni au tégument ni aux enveloppes conjonctives. Le reste de la surface latérale de l'organe n'est recouvert que par les aponeuroses des autres muscles, disposées en «espalier et» entre lesquelles on peut apercevoir la substance gélatineuse de l'organe. Si l'on élimine soigneusement les tendons, les muscles et surtout l'aponeurose, on aperçoit un sac de tissu collagène, très résistant, qui appartient en propre à l'organe.

2. Aspect microscopique. La structure lamelleuse de l'organe électrique est déjà visible à travers l'enveloppe collagène mais cette structure sera détruite si l'on essaie d'enlever cette enveloppe avec laquelle l'organe est intimement lié; par contre, elle apparaît nettement si l'on pratique de larges sections, aux ciseaux, et pénètre franchement dans la substance en direction sagittale ou horizontale (Fig. 2). Une telle section met en évidence qu'un organe est constitué d'une seule

série de lames faites d'une substance transparente, et qui, placées verticalement par rapport à l'axe longitudinal, se succèdent dans le sens craniocaudal. Les lames sont rigoureusement de la même taille; dans le plan frontal, elles offrent, bien entendu, la forme triangulaire, avec un côté largement arrondi, que laissait prévoir l'observation macroscopique de chaque quartier. Seules les cinq ou six lames, qui se situent aux extrémités de l'organe, font exception en ce que leur forme est plutôt ronde et que leur taille ira en diminuant progressivement. Le nombre des lames dans l'espèce étudiée est de 160 environ.

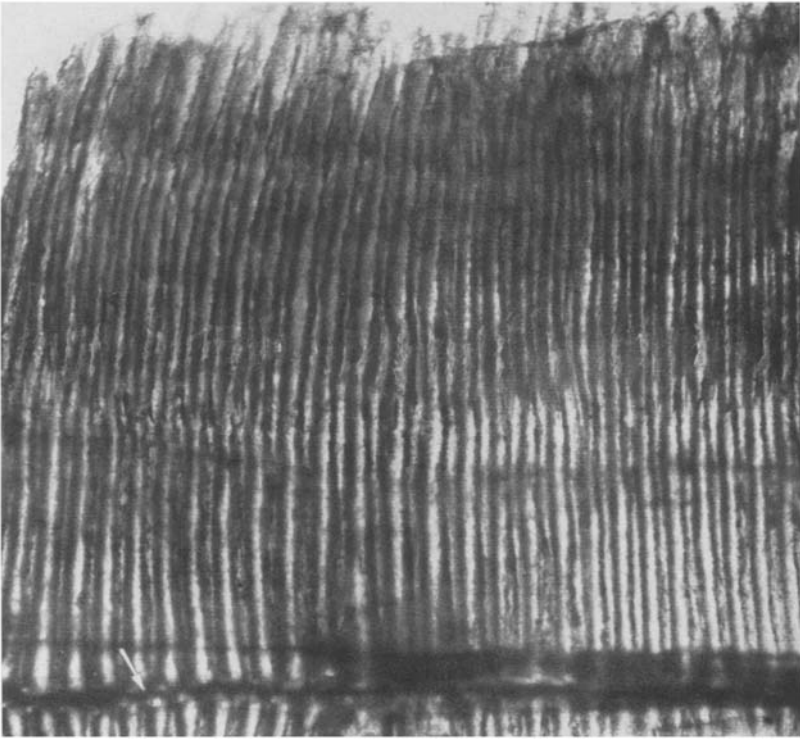


Fig. 2. Microphotographie d'un organe électrique dorsal de *Gnathonemus*, montrant sa structure lamelleuse. L'organe n'est constitué que d'une seule série de lames; la ligne horizontale noire, en bas (flèche), représente la cloison collagène entre l'organe dorsal et l'organe ventral (25 x)

3. Structure histologique. a) *Les lames.* Nous avons dit auparavant que l'organe était placé dans un sac de tissu collagène; en fait, ce sac est divisé par des cloisons collagènes verticales massives, en autant de compartiments qu'il y a de lames. Les faces dorsale, médiale et latéro-ventrale d'une lame, sont limitées par le collagène commun de l'organe, tandis que ses faces antérieure et postérieure le sont par des cloisons verticales qui la séparent ainsi des lames voisines. Chaque lame, dont l'épaisseur est de 125 à 150 microns, est composée de deux couches verticales parallèles, l'une antérieure, l'autre postérieure, plus épaisse; une substance gélatineuse les compose l'une et l'autre. Dans les deux couches on trouve aussi bien des *cellules étoilées* du type fibroblaste, que de nombreux capillaires qui longent les cloisons. Une légère différence quantitative entre les deux

couches apparaît à la coloration, la couche antérieure offrant une richesse en collagène plus marquée.

b) *L'électroplaque, unité élémentaire de l'organe électrique.* Entre les deux couches gélatineuses se situe l'électroplaque. Elle est fixée sur son pourtour au sac collagène mais toujours isolée, par la substance gélatineuse, des cloisons verticales; par conséquent, elle n'est pas complètement incluse dans la masse gélatineuse.

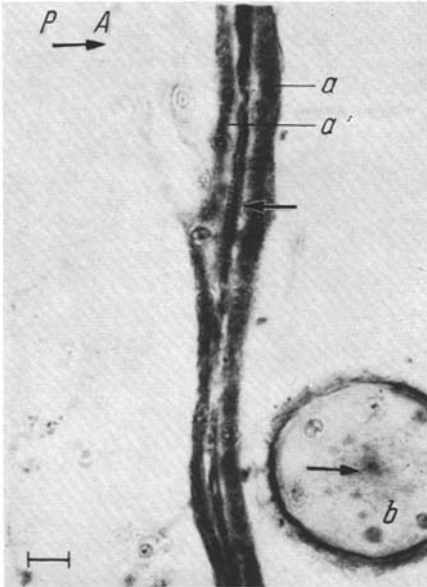


Fig. 3. Fragment d'électroplaque de *Gnathonemus s. el.* en coupe transversale. L'électroplaque est constituée de deux couches électroplasmiques: *a*, antérieure; *a'*, postérieure, qui enferment la structure myofibrillaire striée (flèche); *b*, coupe transversale du pédicule, dont le milieu révèle une structure myofibrillaire transsectionnée (flèche). Trait 10 μ . Col. Mallory

L'électroplaque est constituée d'une double couche de tissu d'origine sarco-plasmique (Fig. 3); ces deux couches se réunissent aussi bien à leurs extrémités dorsales et ventrales que médiales et latérales, formant ainsi une sorte d'enveloppe fermée. Elle est remplie de faisceaux myofibrillaires striés répartis en deux, et, par endroit, en trois couches, et dont la structure rappelle tout à fait le muscle strié. Dans le cas du *Mormyrus hasselquisti*, ces faisceaux possèdent encore leurs noyaux tandis que chez le *Gnathonemus*, ils en sont dépourvus.

La structure microscopique des deux plaques est identique. Leur partie extérieure est pleine de granules, de moins en moins nombreux vers l'intérieur, qui en est exempt. En revanche, cette partie intérieure est régulièrement parsemée de gros noyaux ovales à structure granuleuse et toujours pourvus d'un nucléole acidophile.

La surface extérieure des deux plaques est tout à fait différente: l'antérieure est lisse, recouverte par une accumulation du collagène de la couche gélatineuse antérieure; la face postérieure est surmontée d'innombrables papilles, qui sont d'ailleurs la continuation directe de la plaque postérieure, et dont la structure intime est rigoureusement identique à celle des deux plaques. Les papilles sont entourées par de nombreuses vacuoles remplies de granules acidophiles; ces grains ne sont pas disséminés dans toute la couche gélatineuse, mais uniquement au voisinage de l'électroplaque et des papilles. L'existence de vacuoles à cet endroit de l'électroplaque, lui donne peu de résistance, ce qui rend difficile la préservation de cette partie des lames.

Le prolongement de la plaque postérieure dans les papilles, est visible en coupes histologiques minces (Fig. 4/b—a). Les coupes épaisses mettent en évidence que ces papilles ne sont pas des hernies aveugles de la plaque postérieure, mais qu'elle se réunissent par groupes pour constituer des formations cylindriques allongées qui, enveloppées dans une gaine conjonctive issue de la couche gélatineuse postérieure, se recourbent vers l'électroplaque pour la traverser. Ces trous

de l'électroplaque dans lesquels passent les formations cylindriques, sont formés de telle façon que les fibres musculaires ne viennent jamais en contact avec leur gaine conjonctive; par conséquent, la continuité de l'électroplaque est maintenue.

Les formations cylindriques d'une même électroplaque se réunissent à leur tour dans la couche gélatineuse antérieure et forment finalement trois branches principales qui, près de la face médiale du prisme, confluent vers un renflement terminal commun (Fig. 5, flèches). Le tissu et la structure de ce système cylindrique anastomosé, est partout rigoureusement identique à celui de l'électroplaque, que ce soit à la jonction de ses trois branches principales ou dans ces branches elles-mêmes, ou à l'intérieur des papilles:

1° — On y retrouve la gaine conjonctive extérieure constituée de plusieurs couches, dont le nombre est proportionnel au diamètre de la branche; cette gaine est délimitée vers la couche gélatineuse dans laquelle elle se trouve incluse: mince mais très distincte, elle abrite les formations cylindriques anastomosées sur toute leur longueur et se continue même sur les papilles; elle se confond finalement avec la couche gélatineuse postérieure. Sa continuité n'est interrompue qu'à la réunion des trois branches principales où la gaine est échevelée, laissant nue la surface du renflement terminal. Cette gaine protectrice peut

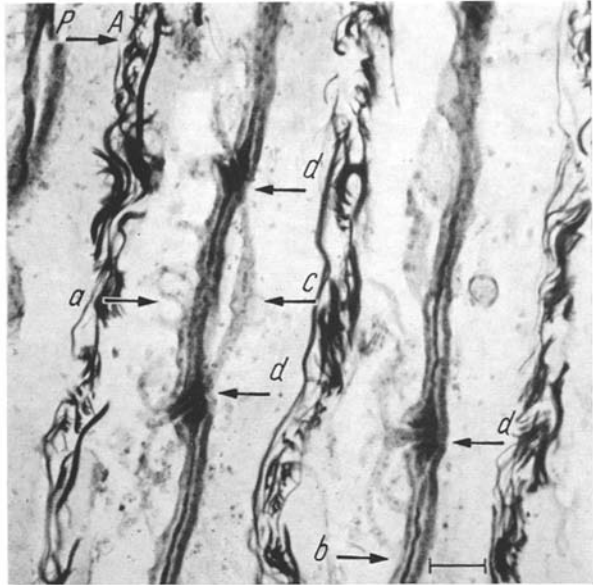


Fig. 4. Microphotographie de deux électroplaques en coupes sagittales. Les faces postérieures des électroplaques sont ornées de papilles (*a* et *b*); au milieu de la première électroplaque on aperçoit un percement simultané des deux branches d'une formation cylindrique (coupée transversalement, *c*), située dans la couche gélatineuse antérieure. Noter l'élargissement de la structure myofibrillaire aux points de percement (*d*). Trait 25 μ . Col. Mallory



Fig. 5. Arborisation typique de pédicule d'une électroplaque de *Gnathonemus*; le branchement secondaire de celui-ci est nettement visible ainsi qu'une série de points de percement (*a*). Noter que le lieu d'innervation est limité au renflement terminal du pédicule (encadré par deux flèches). (20 \times). Col. Mallory

être considérée comme une accumulation locale des fibres collagènes des couches gélatineuses. La densité plus forte du collagène dans la couche antérieure s'explique par la présence des formations cylindriques anastomosées, qui, fragiles, exigent un soutien fort.

2° — Le tissu des formations cylindriques se colore, par la méthode différentielle, de la même couleur violette que l'électroplaque. Ses noyaux ovoïdes sont situés tout autour, à proximité de la surface; leur nombre, en section transversale, varie selon les diamètres de la branche. Une coupe tangentielle à la couche nucléaire, montre que ces éléments sont rangés rigoureusement dans le sens longitudinal du système (Fig. 8/b). La granulation, cependant moins dense que dans l'électroplaque, est présente; elle laisse un halo clair autour de chaque noyau (rappelons ici que les noyaux dans l'électroplaque se placent dans une couche claire). Nous retrouvons également au milieu du pédicule les restes d'une structure myofibrillaire (Fig. 3).

Les données numériques des différentes parties de l'électroplaque sont les suivantes: le diamètre du renflement terminal est de 70μ . Les deux plaques électroplasmiques avec la couche musculaire mesurent $12,5 \mu$, là où cette dernière n'occupe que de 2 à 3μ d'épaisseur (mesure prise sur matériel fixé).

B. *Petrocephalus bovei*

La constitution générale de ses quatre organes est semblable à celle de *Gnathonemus*. Néanmoins les électroplaques ainsi que les lames gélatineuses qui les contiennent, sont environ deux fois moins épaisses chez *Petrocephalus* que chez *Gnathonemus*. En outre la couche gélatineuse antérieure semble être beaucoup moins importante, et elle est dépourvue de tout tissu électroplasmique. En revanche, on trouve dans la couche gélatineuse postérieure, des prolongements papillaires issus de la surface postérieure électroplasmique, particulièrement longs; de l'électroplaque entière, ils se réunissent successivement en des formations cylindriques de plus en plus volumineuses. Mais ces dernières, contrairement au *Gnathonemus*, ne percent jamais les plaques, qui en effet ne montrent aucune discontinuité.

C. *Mormyrus hasselquisti*

A part la constitution générale, ce troisième type d'organe montre une nette différence dans sa structure fine avec les deux précédents. Voici les principaux points caractéristiques de ses électroplaques:

- a) elles sont 2 fois $1/2$ plus grandes que celles de *Gnathonemus*;
- b) la couche gélatineuse antérieure des lames est dépourvue de tissu électroplasmique;
- c) la surface antérieure des électroplaques est lisse, on n'y trouve aucune discontinuité;
- d) les papilles de la face postérieure d'une même électroplaque sont disposées en groupes distincts entre lesquels la surface postérieure semble être lisse, dépourvue de papilles;
- e) seules les papilles appartenant à un même groupe se réunissent peu à peu en formations cylindriques allongées et anastomosées, analogues à celles déjà décrites chez *Gnathonemus*; elles aboutissent dans un renflement terminal commun de forme variée (Fig. 6), situé auprès de la cloison collagène postérieure;

f) ainsi, la même électroplaque possède plusieurs renflements terminaux et non pas un seul comme c'est le cas chez *Gnathonemus* et *Petrocephalus*.

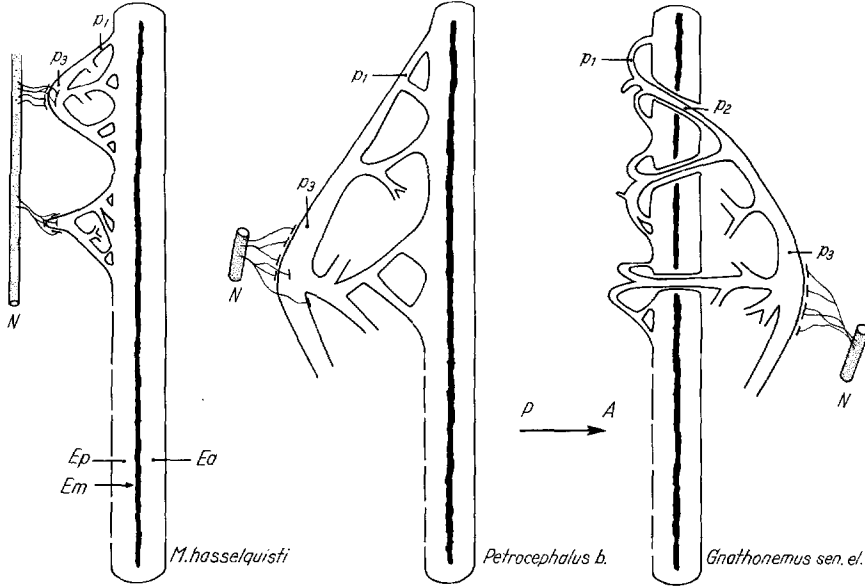


Fig. 6. Dessins schématiques mettant en évidence les différents aspects d'électroplaques de Mormyrides: *Mormyrus hasselquisti*, *Petrocephalus bovei* et *Gnathonemus senegalensis elongatus*. *Em*, *Ea*, *Ep*: les trois couches de l'électroplaque (moyenne, antérieure, postérieure). — *N*: nerf. — *p*₁, *p*₂, *p*₃: pédicule. *p*₃: renflement terminal, zone synaptique du pédicule. *A—P*: orientation antéro-postérieure

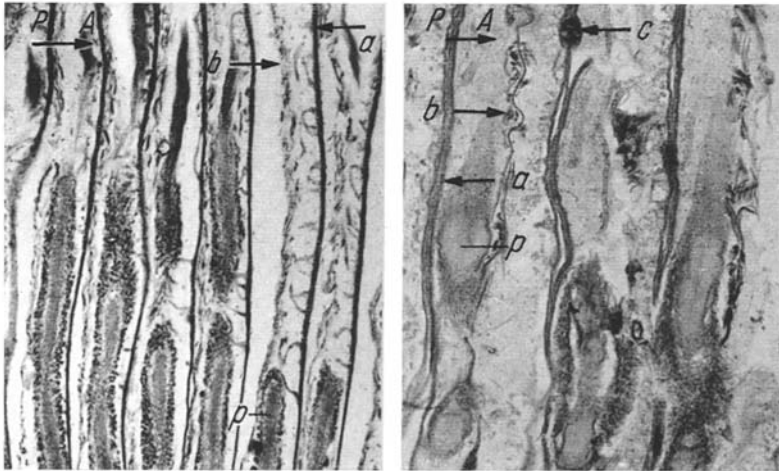


Fig. 7. Fragments d'organe électrique en coupe sagittale; à gauche: *Petrocephalus*; à droite: *Gnathonemus s. el.* *a*: électroplaque. *b*: cloison collagène entre deux unités. *c*: un point de percement. *p*: pédicule. Noter la position du pédicule par rapport à l'électroplaque, postérieure chez le *Petrocephalus*, antérieure chez le *Gnathonemus*. Les marques (*p* et *a*) concernent le pédicule et son électroplaque. *A—P*: orientation antéro-postérieure. Col. Mallory

Examen des résultats

a) *Reconstitution de l'électroplaque.* Il ressort de notre description histologique que la structure générale de l'organe est identique dans les trois espèces examinées

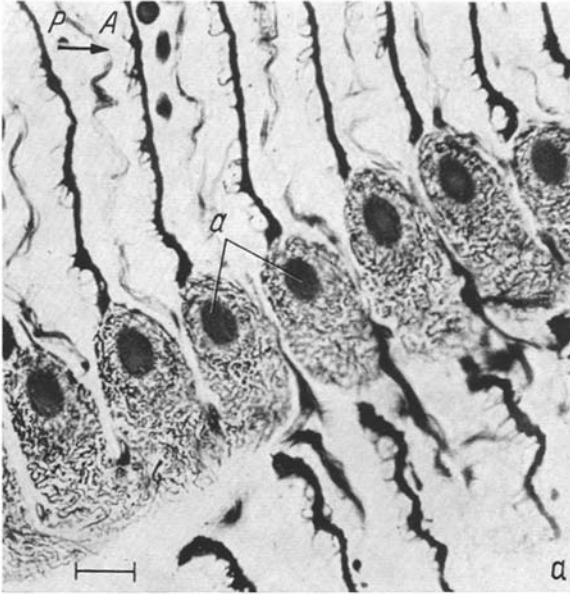


Fig. 8 a. Coupe horizontale traversant les pédicules au niveau de leurs renflements terminaux (a), entourés par un filet de fibres nerveuses. Trait 100 μ



Fig. 8 b. Coupe longitudinale d'un pédicule au niveau de la zone synaptique. Noter l'accumulation des noyaux électroplasmiques (flèche). Trait 50 μ

et que les électroplaques, quelle que soit leur forme, sont toujours composées d'une partie lamelleuse et d'un pédicule (Fig. 6).

La partie lamelleuse montre une constitution invariable; elle est faite de trois couches distinctes: la moyenne (E_m) est représentée par les faisceaux myofibrillaires. L'antérieure (E_a) et la postérieure (E_p) sont constituées d'un plasma riche en noyaux, l'électroplasma; quant à leur surface extérieure, la première est lisse, la deuxième surmontée de papilles.

En revanche le pédicule a selon les trois espèces une allure différente:

1. La figure 6 illustre clairement que chez *Gnathonemus* on distingue trois parties du pédicule: les papilles (p_1) qui se réunissent par groupes à plusieurs tiges communes, et qui perforent l'électroplaque dans ses trois couches pour aboutir à la surface antérieure (Fig. 7); les parties perforantes (p_2) du pédicule d'une même électroplaque qui se réunissent à leur tour, en gagnant de plus en plus de volume et qui forment un *seul* renflement terminal *commun* (p_3).

2. Chez *Petrocephalus* les papilles électroplasmiques se réunissent d'une façon analogue que chez *Gnathonemus* mais avec la différence que le pédicule unique se forme à la surface postérieure (Fig. 7) de l'électroplaque. Son aspect présente ainsi l'image réfléchie du pédicule de *Gnathonemus*.

3. Chez *Mormyrus hasselquisti* la formation du pédicule est simple : les papilles (p_1) constituent plusieurs groupes au lieu d'un seul ; chaque groupe donne naissance à un renflement terminal (p_3), et on compte par conséquent autant de renflements terminaux dans une seule électroplaque que de groupes de papilles. En somme, dans cette espèce l'électroplaque possède plusieurs pédicules ; chacun d'eux, ne perçant pas l'électroplaque se place au côté des papilles, à la face postérieure électroplasmique.

Il faut souligner que, dans aucun cas il n'existe de communication entre électroplaques : chacune est parfaitement incluse, suspendue dans son compartiment collagène et présente ainsi une unité totalement isolée.

b) *L'innervation des électroplaques.* Les modalités d'innervation des plaques étant différentes chez les trois espèces de Mormyre, il nous semble préférable de les envisager séparément. *Gnathonemus* : Ni dans aucune partie intérieure de l'électroplaque elle-même, ni dans les couches gélatineuses des lames, les colorations panoramiques ou spécifiques ne révèlent l'existence de fibres nerveuses. Le faisceau nerveux qui s'approche de l'organe du côté de sa face médiane, loge dans un sillon profond de celle-ci. A chaque élec-

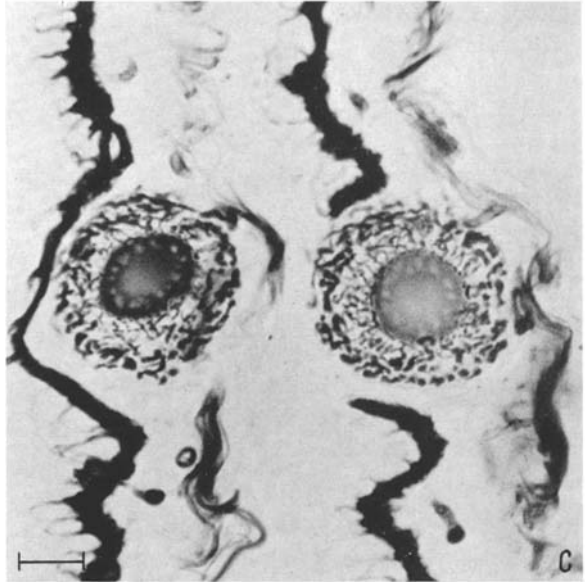


Fig. 8 c. Coupe transversale de deux renflements terminaux, montrant l'aplatissement des fibres terminales à leur contact avec la surface électroplasmique. Trait 50 μ .
Pour a, b, c, impreg. arg. Reumont.

troplaque, un renflement important se détache du faisceau, et, enfonçant l'enveloppe collagène de l'organe, il va rencontrer le pédicule, dont l'élargissement terminal se trouve précisément à cet endroit, sous l'enveloppe collagène de la couche gélatineuse antérieure. Les parties renflées du nerf correspondent à des arborisations denses des cylindraxes, protégés par plusieurs enveloppes de tissus conjonctif. On comprend mieux l'importance inattendue du volume du nerf, si l'on sait que chaque fibre nerveuse est entourée d'une gaine conjonctive particulière qui la protège dans ses moindres ramifications, tout en assurant sa fixation à la surface du pédicule. En effet, à chaque division des fibres nerveuses, leur gaine se divise également, en sorte que l'ensemble double ou triple de volume. Plus loin, la gaine s'associe aux enveloppes de l'électroplaque même.

Le filet de fibres qui se détache du faisceau nerveux entoure complètement le renflement terminal du pédicule (Fig. 8/a) mais la zone synaptique s'étale toutefois jusqu'aux racines des trois branches principales de ce pédicule (Fig. 5). Les filaments terminaux fins s'aplatissent par un large pied sur l'électrolemme

(Fig. 8/b—c); souvent ils couvrent une grande surface du pédicule, ailleurs ils sont ronds et petits, véritables boutons terminaux dont la forme est épousée par l'électroplasma. Quoique l'électroplasma ait une surface inégale celle-ci ne montre pas de discontinuité et aucune fibre ne pénètre dans le pédicule de l'électroplaque. La transection du pédicule au niveau de la zona synaptique ne présente que la granulation propre à l'électroplaque entière, qui dessine un contour plus foncé autour de la couche nucléaire. De façon identique à la zone synaptique d'un muscle ordinaire, une accumulation des noyaux électroplasmiques (noyaux de sarcoplasme) se dessine, et détermine le côté effecteur de la zone synaptique (Fig. 8/b).

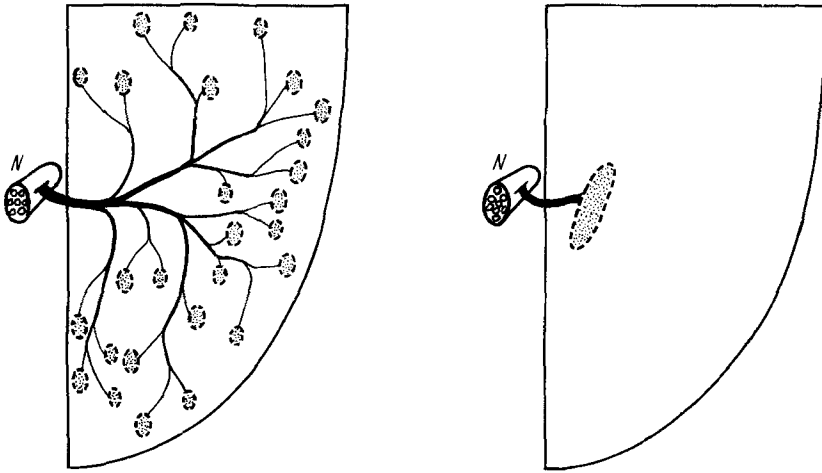


Fig. 9. Dessin schématique: Distribution des zones synaptiques (en pointillé) dans une seule électroplaque: à gauche — *Mormyrus hasselquisti*, à droite — *Gnathonemus* et *Petrocephalus*

Petrocephalus: L'innervation de ses électroplaques est analogue à celle de *Gnathonemus*; les terminaisons nerveuses sont limitées au renflement terminal unique.

Mormyrus hasselquisti: Dans cette espèce, le nerf qui longe la face médiane de l'organe, émet au niveau de chaque lame une branche moyenne qui pénètre dans l'espace interlamellaire, puis se faufile dans la couverture collagène postérieure de la lame. Ici la branche se divise en deux faisceaux qui, empruntant un trajet horizontal, s'éloignent de plus en plus du plan médian en donnant des branches secondaires ventrales et dorsales. Les fibres nerveuses s'en détachent et pénètrent dans la couche gélatineuse postérieure au niveau de chaque renflement terminal; elles se terminent immédiatement sur le pédicule, sans s'approcher de la surface postérieure de l'électroplaque.

Nous pouvons résumer cette description en disant que dans les trois espèces de Mormyres, les nerfs innervant les électroplaques se terminent toujours sur le pédicule, notamment à l'endroit limité de son renflement terminal: le *Gnathonemus* et le *Petrocephalus* ne possèdent qu'une seule zone synaptique par électroplaque, tandis que le *Mormyrus hasselquisti* en possède plusieurs dizaines. La figure 9 montre schématiquement les deux types de distribution de zones synaptiques. Notons toutefois que, chez *Gnathonemus*, la position de la zone synaptique est

antérieure à l'électroplaque contrairement à *Petrocephalus* et *Mormyrus* où elles sont toutes postérieures. Dans cette dernière espèce les nerfs pénètrent dans l'organe avec une arborisation très riche, tandis que dans les deux autres la jonction se fait presque extérieurement à l'organe.

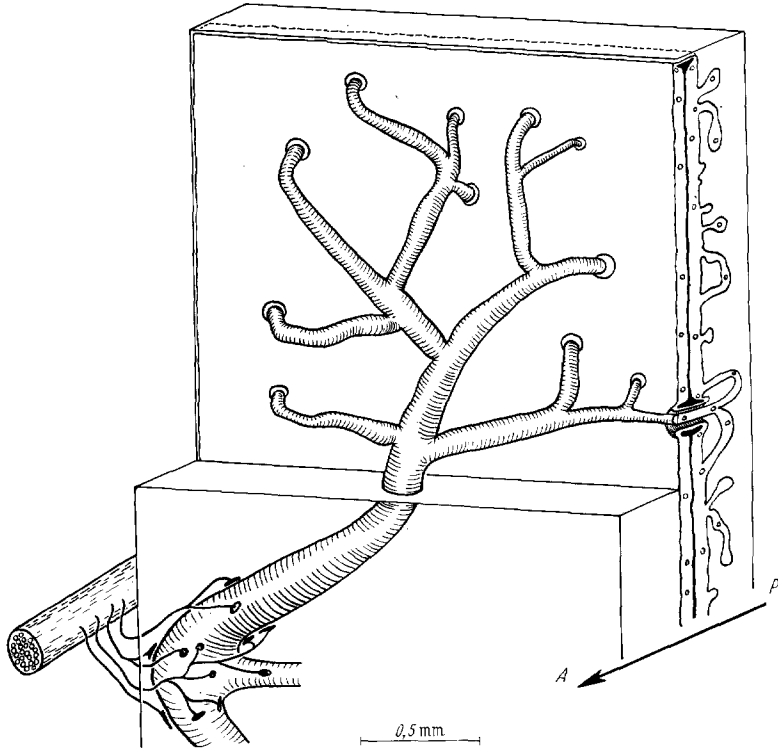


Fig. 10. Reconstitution semi-schématique de l'électroplaque de *Gnathonemus s. el.* avec son dispositif d'innervation.

Discussion

Examen critique des données anatomiques antérieures

Il est difficile de se faire une idée d'ensemble à partir des trois travaux précédemment mentionnés, par suite de la grande variété qui existe à l'intérieur de la famille des Mormyrides et du fait que ces études ont porté sur des espèces différentes. Ainsi FRITSCH présente l'organe de *Mormyrus Isidore*, OGNEFF celui de *M. cyprinoides* et SCHLICHTER celui de *M. oxyrhynchus*. Nos observations ont été faites sur *Gnathonemus senegalensis elongatus*, *Petrocephalus bovei* et *Mormyrus hasselquisti*. En raison de cette variabilité, nous préférons ne traiter que l'aspect général de l'électroplaque et surtout le point litigieux de l'innervation que les auteurs précédents n'ont pu résoudre que d'une façon insuffisante.

Nous avons démontré (Fig. 10) que l'électroplaque du Mormyre est constituée d'une double couche électroplasmique, la couche postérieure donnant naissance à un ou plusieurs pédicules de forme anastomosée. *Le pédicule et la plaque* constituent un ensemble, dont la membrane limitante ne révèle aucune discontinuité.

FRICTSCH et OGNEFF n'ont considéré comme électroplaque, quelle que soit l'espèce du Poisson, que la double couche électroplasmique; quant au pédicule («Röhrchensystem», système de canalicules), ils n'y ont vu qu'un accessoire de l'électroplaque («Plattenfortsatz»), n'ayant pas de continuité avec celle-ci, mais servant à amener les fibres nerveuses à la couche postérieure électroplasmique. Selon les espèces, ce «Röhrchensystem» est placé, soit en arrière de l'électroplaque soit en avant. Dans le premier cas, les canalicules abordent directement la couche postérieure, qui est fonctionnellement la face active de l'électroplaque, tandis que dans le deuxième cas, elles traversent l'électroplaque pour gagner cette face active. FRITSCH distingue un troisième type de Mormyre, qui, d'après la position de son «système de canalicules», appartient au premier groupe, mais chez qui les canalicules effectuent une double traversée de l'électroplaque, trajet complexe qui les fait aboutir finalement sur la face active («doppelt Durchbohrung»). Il est assez étrange d'imaginer une telle organisation dans une espèce, où en raison de la position initiale des canalicules, on ne devrait effectivement pas s'attendre à une traversée de l'électroplaque; en fait, nous croyons que cette interprétation est basée sur un aspect semblable à celui de notre fig. 4. On voit qu'il s'agit de l'arborisation d'une formation cylindrique (coupée transversalement, Fig. 4/c) de la couche gélatineuse antérieure; la coupe tangentielle révèle le percement simultané de deux branches, ce qui peut effectivement donner l'impression d'un double percement; l'aboutissement final des deux branches dans la couche postérieure est bien visible.

En ce qui concerne l'innervation de l'électroplaque, nous avons prouvé l'existence des véritables terminaisons nerveuses sur les renflements finaux des pédicules. Selon que le pédicule perce ou non l'électroplaque, la zone synaptique a une position antérieure ou postérieure par rapport à celle-ci.

D'après FRITSCH et OGNEFF les fibres nerveuses abordent la tête du «Röhrchensystem» et perdant leur myéline, pénètrent dans les canalicules. Elles les parcourent sous l'aspect de fibres «pâles» pour aboutir à l'électroplaque. Ces auteurs considérant les canalicules comme des fibres pâles (fibres composées), commettent une erreur, probablement due au fait qu'ils ne conçoivent pas une plaque électrique aussi compliquée que le «Röhrchensystem»; troublés par la distance qui séparait les nerfs de ce qu'ils considéraient comme l'électroplaque, ils ont voulu voir les filets nerveux gagner la surface active par le moyen des canalicules. Le dessin des fibres longitudinales de la gaine conjonctive d'une part (FRITSCH) et les granules considérées comme fibres sectionnées transversalement d'autre part (OGNEFF), leur ont servi de base morphologique pour cette hypothèse. SCHLICHTER a indiqué l'identité de structure des deux systèmes (canalicules et plaque); mais il ne considère pas ces canalicules comme la continuation directe de l'électroplaque. Il présente un dessin précis de l'électroplasma à l'endroit où les fibres arrivent au pédicule; il observe l'accumulation des noyaux électroplasmiques là où il soupçonne l'existence des terminaisons nerveuses, qu'il n'a d'ailleurs pas vues. En raison des techniques primitives utilisées, les mêmes auteurs n'ont pas pu observer ce que l'imprégnation argentique met si bien en évidence, c'est-à-dire l'amincissement des fibres nerveuses au voisinage de l'électroplaque et l'élargissement consécutif de celle-ci en pied terminal, à la surface de l'électroplasma.

Les rapports entre pieds terminaux et électroplasma ont été étudiés dans les électroplaques d'autres espèces de Poissons électriques. Chez la Raie, EWART, observe des filaments nerveux pénétrant dans l'électroplaque; cette conception fautive a été rectifiée par RETZIUS, qui a précisé que les filaments nerveux se terminaient avec des pieds larges à la limite de l'électrolemme antérieure, sans qu'il y ait pénétration. DAHLGREN a décrit les boutons terminaux chez le Gymnarchus où ceux-ci enfoncent la surface convexe des papilles de l'électroplaque pour s'attacher dans les nids ainsi réalisés. L'auteur insiste sur la continuité de la surface électroplasmique.

Chez le Mormyre nous trouvons les mêmes dispositions: *l'électroplasma épouse la forme des boutons terminaux sans que les filaments nerveux pénètrent dans la substance de l'électroplaque*. Comme chez le Gymnarque ou bien chez la Raie la limite du tissu nerveux est à la surface de l'électroplasma.

Résumé

1. Le sujet de cette étude anatomo-histologique fait appel à la famille des Mormyridés. Les organes particuliers de ces Poissons, capables d'émissions électriques, ont été examinés avec des méthodes histologiques récentes.

2. L'électroplaque, unité élémentaire fonctionnelle de l'organe, est toujours constituée d'une partie lamelleuse et d'un pédicule, les deux parties possédant une seule membrane limitante sans discontinuité.

3. La forme de l'électroplaque s'est révélée différente dans les trois espèces examinées: *Gnathonemus senegalensis elongatus*, *Petrocephalus bovei* et *Mormyrus hasselquisti*. Cette différence réside dans l'aspect varié du pédicule, qui est unique pour le *Gnathonemus* et *Petrocephalus*, multiple pour le *Mormyrus*; il peut être perforant, comme chez *Gnathonemus*.

4. La zone synaptique c'est à dire la jonction nerf-électroplaque, est limitée à une petite partie de la membrane électroplasmique du pédicule.

5. Notre travail conduit à une révision des données anatomiques antérieures.

Bibliographie

DAHLGREN, U.: The origin of the electric tissues of *Gymnarchus niloticus*. Carnegie publications, 182—183. Dep. Marine Biol. 6, 159—194 (1914). — EWART, J.: The electric organ of the Skate. Phil. Trans. 179, 339 (1889); 183, 398 (1893). — FRITSCH, G.: Weitere Beiträge zur Kenntnis der schwach elektrischen Fische. S.-B. preuß. Akad. Wiss. 2, 941—962 (1891). — OGNEFF, J.: Einige Bemerkungen über den Bau des schwachen elektrischen Organs bei den Mormyriden. Z. wiss. Zool. 64, 565—595 (1898). — RETZIUS, G.: Über die Endigungen der Nerven in den elektrischen Organen von *Raja clavata*. Biol. Unters. 8, 83—93 (1898). — SCHLICHTER, H.: Über den feineren Bau des schwach elektrischen Organs von *Mormyrus oxyrinchus*. Z. wiss. Zool. 84, 479—525 (1906). — SZABO, TH.: Sur la structure et le type d'innervation de l'électroplaque d'un Mormyre. C. R. Acad. Sci. (Paris) 242, 2045—2048 (1956). — Anatomie-physiologie comparée de divers organes électriques et de leurs centres nerveux de commande. Thèse, Paris 1957. — Le muscle d'origine de l'organe électrique d'un Mormyre (*Gnathonemus s. el.*). Z. Zellforsch. 47, 77—79 (1957).

Dr. THOMAS SZABO, 4. Avenue Gordon-Bennett, Paris XVI