ÉTUDE ULTRASTRUCTURALE DE LA SPERMIOGENÈSE DE *META BOURNETI* SIMON (ARACHNIDES, ARANÉIDES, METINAE)

par

Line BOISSIN

Depuis les premières observations de WAGNER (1896) sur les spermatides et les spermatozoïdes en anneaux ou en bâtonnets des Aranéides, de nombreux travaux de microscopie photonique ont été consacrés à la spermatogenèse de ces animaux. Une revue de la littérature relative à ce sujet montre que la plupart des publications anciennes sont réservées à l'étude des structures caryologiques et plus spécialement de l'évolution des chromosomes sexuels et aux mécanismes de la détermination du sexe. En 1959, TUZET et MANIER suivent les processus complexes de la spermiogenèse chez quatre espèces d'Araignées Labidognathes. Au cours de cette dernière étape, les spermatides filiformes se transforment progressivement en spermatozoïdes globuleux de petit diamètre dont les éléments constitutifs sont difficiles à identifier en microscopie classique. En fait, des observations complémentaires au microscope électronique s'avèrent nécessaires. A l'heure actuelle, les études ultrastructurales sont encore très rares. Les travaux récents d'OSAKI (1969) et de REGER (1970) apportent cependant un certain nombre de données nouvelles utiles à la compréhension de ce gamète immobile. Le spermatozoïde intratesticulaire de ces Arachnides contient tous les éléments des gamètes mâles mais son organisation est différente de celle d'un gamète flagellé typique dans lequel se succèdent suivant l'axe antéro-postérieur : l'acrosome, le noyau, les centrioles, les mitochondries et le flagelle. La tête et le flagelle sont ici allongés et enroulés sur eux-mêmes, l'ensemble est limité par une coque épaisse.

Le gamète mâle tel qu'il a été décrit par OSAKI (1969) et REGER (1970) rappelle celui des Pseudoscorpions (TUZET et coll., 1966 ; BOISSIN et MANIER, 1966 ; BOISSIN, 1970). Cette ressemblance entre les deux types de spermatozoïde et la rareté des documents de microscopie électronique nous ont incités à entreprendre de nouvelles recherches dans ce domaine. Pour aborder l'étude ultrastructurale de la spermatogenèse des Aranéides, nous nous sommes adressés à une grosse Araignée méditerranéenne dont la détermination n'a pas posé de problème : il s'agit de l'espèce *Meta bourneti* SIMON (1).

Les premières étapes de la spermatogenèse se déroulant selon le schéma classique, nous n'avons pas jugé utile de revenir sur leur description ; nous commençons donc par l'étude des diverses étapes de la spermiogenèse et nous apportons ensuite quelques précisions sur la structure fine du spermatozoïde intratesticulaire de l'Araignée considérée.

Le noyau primitivement arrondi de la spermatide jeune (Pl. I, 1) prend une forme allongée et migre vers la périphérie de la cellule. Il est curieusement entouré par un réseau ininterrompu de microtubules qui, selon toute vraisemblance, jouent un rôle de soutien. Sa partie postérieure présente une légère invagination dans laquelle vient se loger le centriole. C'est à partir de ce centriole que se développera ultérieurement le filament axial du flagelle. Le contenu nucléaire subit également une modification, la chromatine finement granuleuse caractéristique du stade antérieur est progressivement remplacée par un ensemble de fins filaments osmiophiles qui viennent s'insérer à la base du noyau sur le feuillet interne de l'enveloppe nucléaire et semblent polarisés par le centriole postérieur. Le cytoplasme de cette spermatide contient des ribosomes groupés en rosettes, quelques rares éléments de réticulum endoplasmique, des mitochondries localisées en bordure de la cellule et représentées par des éléments arrondis de petite taille à crêtes nombreuses. Le matériel de Golgi est présent sous forme de vésicules éparses.

L'étape suivante est marquée par le dépôt du matériel acrosomien et par l'allongement de la tête spermatique (Pl. I, 2). La vésicule acrosomienne coiffe la partie antérieure du noyau et la déprime légèrement.

---

(1) Les mâles adultes utilisés dans ce travail ont été récoltés aux environs de Quissac et nous ont été aimablement procurés par Monsieur LLINARES auquel nous adressons nos sincères remerciements.

Dans la zone de contact entre l'acrosome ét le noyau l'enveloppe nucléaire est modifiée. Le matériel acrosomien est en réalité constitué de deux parties: la vésicule acrosomienne proprement dite sécrétée par l'appareil de Golgi et la baguette acrosomienne dont l'origine golgienne n'est pas clairement démontrée. Cette longue baguette se loge dans une rainure de la vésicule acrosomienne et s'étend distalement en s'enroulant en hélice autour du noyau. Celui-ci subit un allongement, sa partie postérieure devient dissymétrique. Les fins filaments osmiophiles que nous avons vu apparaître au stade précédent envahissent la totalité du caryoplasme, ils s'orientent parallèlement entre eux et parallèlement au grand axe de la tête nucléaire. Certains, plus longs que le noyau, se replient sur eux-mêmes. La partie claire où viennent se fixer les éléments chromatidiens correspond à la zone centriolaire, à son niveau, les deux feuillets de l'enveloppe nucléaire se distinguent aisément.

Alors que le matériel élaboré par l'appareil de Golgi se dépose au pôle antérieur de la cellule, au pôle opposé commence à se développer le flagelle (Pl. I, 3). Les centrioles sont logés dans une invagination en forme de coupole creusée au pôle postérieur de la tête (Pl. I, 4). Le centriole proximal ne participe pas à la formation de l'organite vibratile, il est placé entre le noyau et le centriole distal à partir duquel pousse le flagelle.

Une nouvelle phase de l'évolution spermiogénétique est marquée par la condensation de la substance nucléaire (Pl. II, 5). Les éléments chromatidiens précédemment décrits deviennent peu à peu indiscernables. Cette transformation s'opère progressivement, nous avons pu la suivre sur coupes ultra-fines. La coupe longitudinale (Pl. II, 5) met particulièrement en évidence les microtubules entourant la tête spermatique. A ce stade, la spermatide est encore une grosse cellule dont le noyau est entouré par un cytoplasme abondant. La vésicule acrosomienne constituée par un matériel finement granuleux est étroitement accolée au pôle apical du noyau. La fibre acrosomienne protégée par une expansion de l'enveloppe nucléaire apparaît latéralement (Pl. II, 5). Nous insistons sur la présence de cette formation car nous verrons dans la suite de l'exposé que son rôle est capital.

Sur coupe transversale d'une spermatide au même stade de l'évolution (Pl. II, 6), nous observons le matériel finement granuleux qui compose l'acrosome et le contenu nucléaire très osmiophile. Nous distinguons,

par ailleurs, l'enveloppe nucléaire autour de la baguette acrosomienne (Pl. II, 6). L'organite central est constitué par une substance dense aux électrons. Au grossissement que nous avons utilisé, nous n'y avons décelé aucune organisation remarquable. Aussi bien en coupe longitudinale qu'en coupe transversale, le matériel constitutif est réparti de manière homogène. Les microtubules périnucléaires sont encore présents, au stade suivant nous perdons leur trace.

Tandis que l'étirement de la tête se poursuit, entraînant une réduction de son diamètre, le contenu nucléaire dont la transformation est achevée présente un aspect hétérogène que nous retrouverons par la suite dans le spermatozoïde arrivé à maturité (Pl. II, 7). A côté des plages de chromatine très denses, s'observent des zones claires dépourvues de substance nucléaire et parcourues par de fins éléments filamenteux. Arrivée à ce stade, la spermatide âgée se détache de la cellule-mère, laissant un résidu protoplasmique important (Pl. II, 7). La partie cytoplasmique qui reste attachée au noyau est remplie de vésicules de diamètres variables contenant un matériel plus ou moins dense aux électrons. La nature chimique de ces substances n'a pas été déterminée. L'acrosome en doigt de gant, parcouru par la baguette acrosomienne, occupe toujours la partie antérieure de la spermatide.

A la phase d'allongement succède une phase d'enkystement (Pl. III, 8). Le noyau étiré et le flagelle qui lui fait suite s'enroulent sur eux-mêmes. L'aspect hétérogène du noyau est identique à celui décrit au stade précédent. Une masse dense apparaît à la jonction de la tête spermatique et du flagelle. Cette formation occupe la position du centriole accessoire découvert en microscopie photonique et reconnu ensuite grâce à la microscopie électronique dans le spermatozoïde de nombreux Invertébrés et dans celui de certains Vertébrés. Les auteurs qui l'ont signalé ignorent l'origine et la nature chimique de cette formation, son rôle dans la physiologie du spermatozoïde n'est pas non plus élucidé. La figure 8 de la Planche III montre les principaux éléments des gamètes flagellés typiques, à savoir : l'acrosome coupé transversalement, le noyau, le "centriole accessoire" situé au départ du flagelle et le flagelle proprement dit.

Dans le spermatozoïde enroulé, le chondriome est représenté par des mitochondries isolées n'ayant subi aucune modification de structure (Pl. III, 9). Leur matrice est sombre, leurs crêtes peu nombreuses sont parallèles et orientées longitudinalement par rapport au grand axe de l'organite.

La présence de mitochondries isolées distingue le spermatozoïde de l'espèce *Meta bourneti* de celui de l'Araignée "primitive" *Heptathela kimurai* dans lequel OSAKI (1969) a décrit un dérivé mitochondrial formé par la juxtaposition de six mitochondries. Ces éléments peu évolués sont allongés et enroulés autour de la partie antérieure du flagelle constituant ainsi une véritable pièce intermédiaire.

La cellule sexuelle mâle arrivée au terme de l'évolution est une sphère légèrement aplatie mesurant environ 3 µ de diamètre (Pl. III, 10). Une grande partie du volume cellulaire est occupée par la tête spermatique. Alors que dans la plupart des spermatozoïdes la substance nucléaire très osmiophile est parfaitement homogène, ici le noyau conserve l'aspect hétérogène déjà décrit. L'organite vibratile enroulé en hélice occupe la partie inférieure du spermatozoïde. Nous retrouvons à son niveau les trois fibres centrales signalées par OSAKI (1969) et REGER (1970). Ces trois fibres sont présentes dans la partie proximale du flagelle, la partie distale en est dépourvue. Lorsque les spermatozoïdes contractés tombent dans la lumière testiculaire, un matériel dense finement granuleux se dépose à leur surface. Ce matériel de nature protéinique constituera la coque protectrice.

Le spermatozoïde intratesticulaire de l'Araignée *Meta bourneti* contient tous les éléments des gamètes flagellés typiques, mais présente par rapport aux spermatozoïdes classiques une forme aberrante et une structure particulière (Pl. III, 11). En fin d'évolution, il est entouré par une enveloppe rigide qui forme une coque continue de 150 mµ d'épaisseur moyenne. C'est sous cette forme enkystée qu'il quittera les voies génitales mâles et sera transmis à la femelle au moment de l'accouplement.

L'étude ultrastructurale de la spermiogenèse de l'espèce *Meta bourneti* a permis de mettre en évidence un certain nombre de points particuliers que nous résumerons brièvement.

Considérons en premier lieu le chondriome dont le caractère indifférencié mérite d'être souligné. Il est actuellement bien connu que, chez de nombreux animaux, les mitochondries subissent au cours de la spermiogenèse des remaniements importants qui aboutissent à l'élaboration d'un segment mitochondrial complexe. Chez l'Araignée *Meta bourneti* les mitochondries gardent leur individualité et ne subissent aucune modification ultrastructurale notable, l'agencement des crêtes en particulier reste normal.

Le deuxième point à envisager concerne le flagelle. Alors que dans la cellule sexuelle mâle arrivée au terme de l'évolution, la trace du flagelle échappe à l'observation au microscope à lumière visible, l'étude au microscope électronique révèle l'existence d'un flagelle enroulé qui possède, outre les neuf paires de fibres périphériques, trois fibres centrales et se distingue ainsi des flagelles typiques caractérisés par la présence de deux microtubules centraux. Aucune véritable explication n'a encore été donnée à ce phénomène ; l'idée de REGER (1970) selon laquelle cette modification serait liée à la perte de fonction du flagelle nous paraît difficilement acceptable.

Le dernier point particulier est relatif à la présence de la baguette annexée à la région acrosomienne. Cette baguette qui se développe dans un canal creusé à la surface de la vésicule acrosomienne et qui ensuite s'enroule en hélice autour du noyau, nous rappelle la fibre rigide et réfringente qui chez les Pseudoscorpions joue, au moment de la fécondation, le rôle d'organe perforateur. Malgré des différences dans leur disposition, ces deux formations peuvent être considérées comme homologues. La présence de la baguette acrosomienne dans le spermatozoïde de *Metabourneti* est liée à la réaction acrosomiale.

Le spermatozoïde contenu dans les voies génitales mâles est une sphère légèrement aplatie et immobile. L'immobilité n'apparaît qu'en fin de spermiogenèse. Elle n'est pas due à l'absence de flagelle mais dépend du fait que l'appareil cinétique, comme tous les éléments de ce gamète, est englobé à l'intérieur de l'enveloppe protectrice. Cet enkystement des éléments mâles pourrait être imposé par le mode de transmission du liquide spermatique. Des spermatozoïdes enkystés ont également été décrits chez les Pseudoscorpions (TUZET et coll., 1966 ; BOISSIN et MANIER, 1966, 1967 ; BOISSIN, 1970). Des observations effectuées sur l'espèce *Histerochelifer meridianus* (BOISSIN et MANIER, 1969-70) ont ensuite montré que, lors de l'accouplement, les spermatozoïdes sont stockés dans les spermathèques de la femelle sous forme enkystée. Lorsque la fécondation proprement dite intervient, elle est précédée du déroulement des gamètes mâles. Nous pensons, mais cela reste à démontrer, que des phénomènes analogues doivent se produire dans les voies génitales femelles des Aranéides. Comme chez les Pseudoscorpions, les gamètes mâles déroulés doivent retrouver leur mobilité et aller à la rencontre des ovocytes. C'est au moment de la rencontre des gamètes que se produit la réaction acrosomiale dont est responsable la baguette acrosomienne.

Université des Sciences et Techniques du Languedoc,
Laboratoire de Zoologie I (Prof. O. TUZET).

BIBLIOGRAPHIE

BOISSIN L. (1970). - Gamétogenèse au cours du développement post-embryonnaire et biologie de la reproduction chez *Histerochelifer meridianus* (L. Koch) (Arachnides, Pseudoscorpions). Thèse Doctorat ès-Sc.nat. Fac. Montpellier, C.N.R.S., AO 4242, 243 p.

BOISSIN L. et MANIER J.-F. (1966). - Spermatogenèse d'*Hysterochelifer meridianus* (L. Koch) (Arachnides, Pseudoscorpions, Cheliferidae) II. Etude de l'évolution du chondriome. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 91 (4) : 697-706.

BOISSIN L. et MANIER J.-F. (1967). - Spermatogenèse d'*Hysterochelifer meridianus* (L. Koch) (Arachnides, Pseudoscoprions, Cheliferidae) III. Evolution de l'appareil de Golgi. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 92 (4) : 705-712.

BOISSIN L. et MANIER J.-F. (1969-1970). - Ovogenèse et fécondation chez *Hysterochelifer meridianus* (L. Koch) (Arachnides, Pseudoscorpions, Cheliferidae). *Bull. Mus. nation. Hist. nat.*, 2ème sér., 41 (suppl. 1) : 49-53.

OSAKI H. (1969). - Electron microscope study on the spermatozoon of the Liphistiid spider *Heptathela kimurai*. *Acta Arachnologica*, 22 (1) : 1-12).

REGER J.F. (1970). - Spermiogenis in the Spider, *Pisaurina* sp. A fine structure study. *J. Morph.*, 130 (4) : 421-434.

TUZET O. et MANIER J.-F. (1959). - Recherches sur la spermiogenèse des Araignées : *Araneus cornutus*, *Tetragnatha pinicola*, *Philodromus poecilus* et *Chiracanthium* sp.. *Ann. Sci. nat., Zool. Biol. animale, Fr.*, 1 : 91-103.

TUZET O., MANIER J.-F. et BOISSIN L. (1966). - Etude du spermatozoïde mûr enkysté d'*Hysterochelifer meridianus* (L. Koch) (Arachnides, Pseudoscorpions, Cheliferidae). *C.R. Acad. Sci., Fr.*, 262 : 376-378.

WAGNER W. (1896). - Einige Beobachtungen über die Spermatogenese bei den Spinnen, translated in *Ann. Sc. Hist.*, 18 : 346-348.

PLANCHE I

1 - Spermatide jeune. Le noyau entouré par un réseau de microtubules présente une invagination postérieure dans laquelle se loge le centriole. Les organites cellulaires sont épars dans le cytoplasme.

24.600 x

2 - Etape suivante de l'évolution spermiogénétique. La vésicule acrosomienne parcourue par la baguette acrosomienne coiffe la partie antérieure du noyau. Une section de la baguette acrosomienne (flèche) apparaît latéralement.

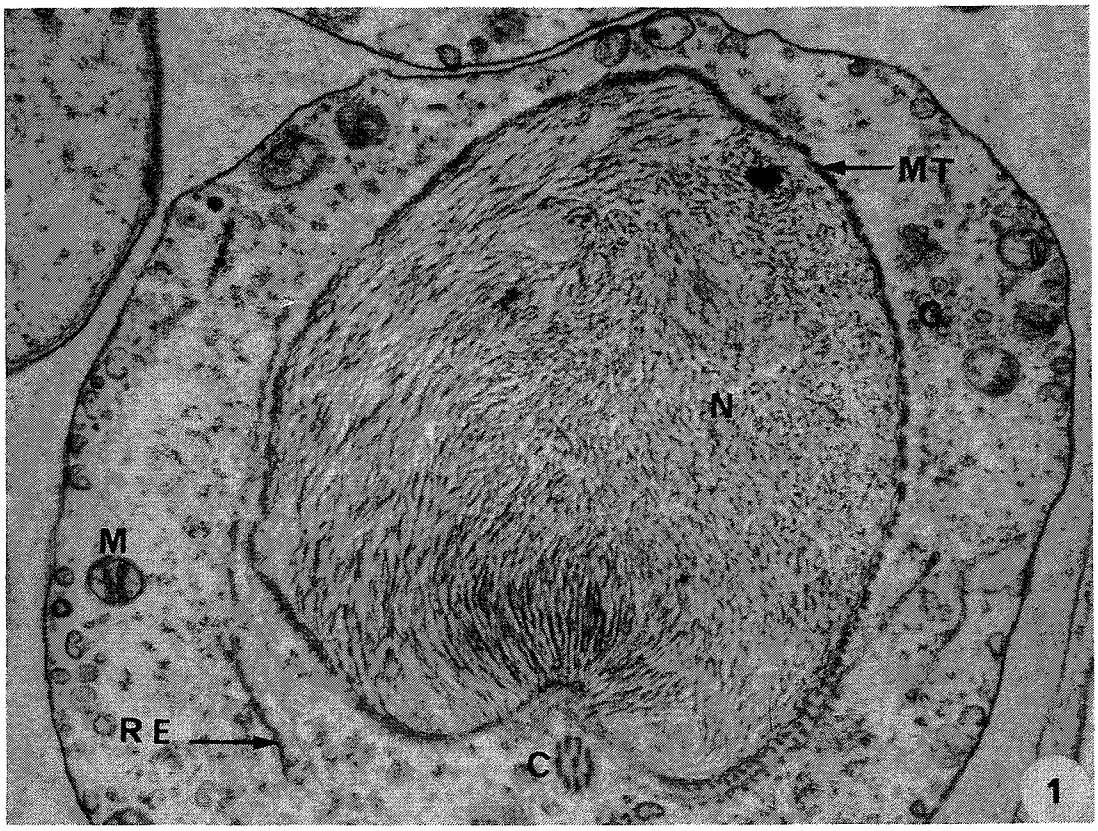
24.000 x

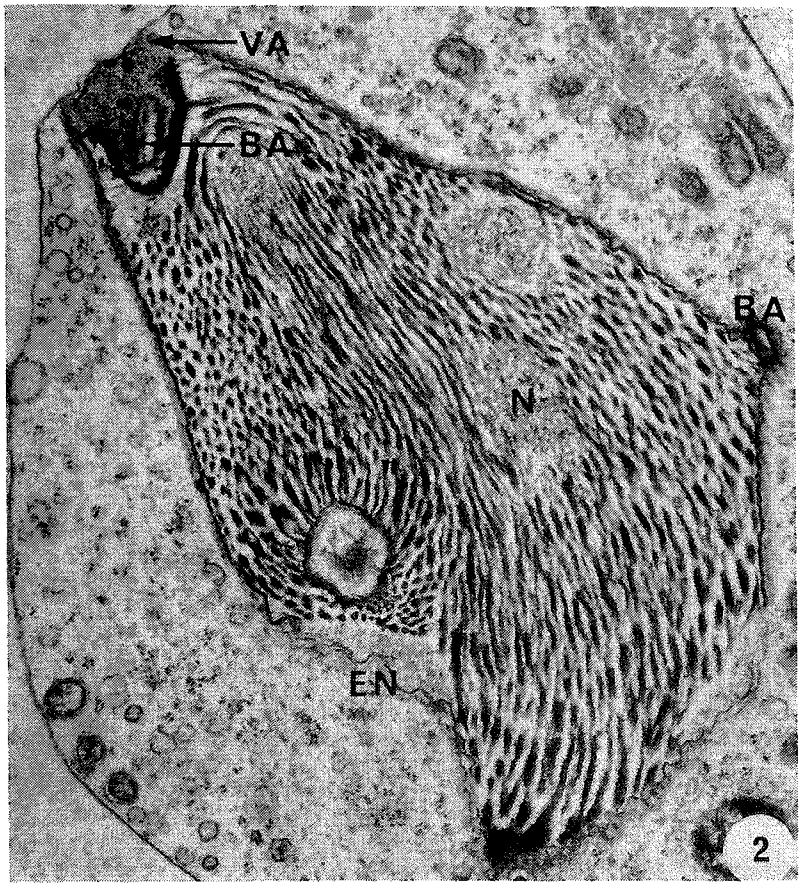
3 et 4 - Spermatides au même stade de l'évolution. Seule est visible la partie postérieure dissymétrique du noyau. Le centriole distal donne naissance au flagelle.

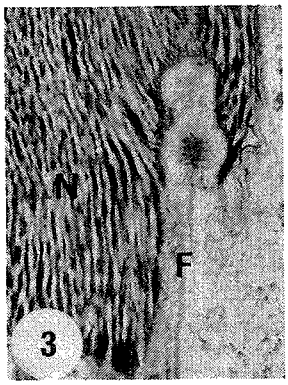
24.000 x

Abréviations utilisées :

BA : baguette acrosomienne ; C : centriole ; CD : centriole distal ; EN : enveloppe nucléaire ; F : flagelle ; G : appareil de Golgi ; M : mitochondries ; MT : microtubules ; N : noyau ; RE : réticulum endoplasmique ; VA : vésicule acrosomienne.


MT
G
N
M
RE
C
1


VA
BA
BA
N
EN
2


N
F
3

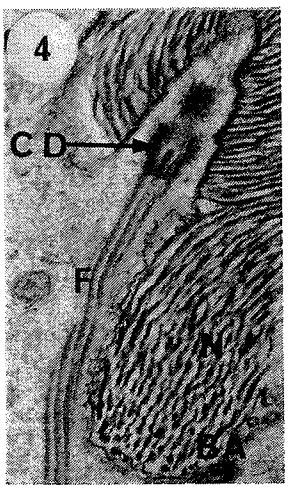

4
CD
F
N
BA

PLANCHE II

5 - Coupe longitudinale de la partie antérieure du noyau. La substance nucléaire se condense. Le matériel acrosomien déprime le pôle apical de la tête spermatique. Les microtubules périnucléaires sont très nets.

42.000 x

6 - Coupe transversale de la région précédente. La baguette acrosomienne est entourée par l'enveloppe nucléaire. L'organite central est constitué par un matériel dense aux électrons.

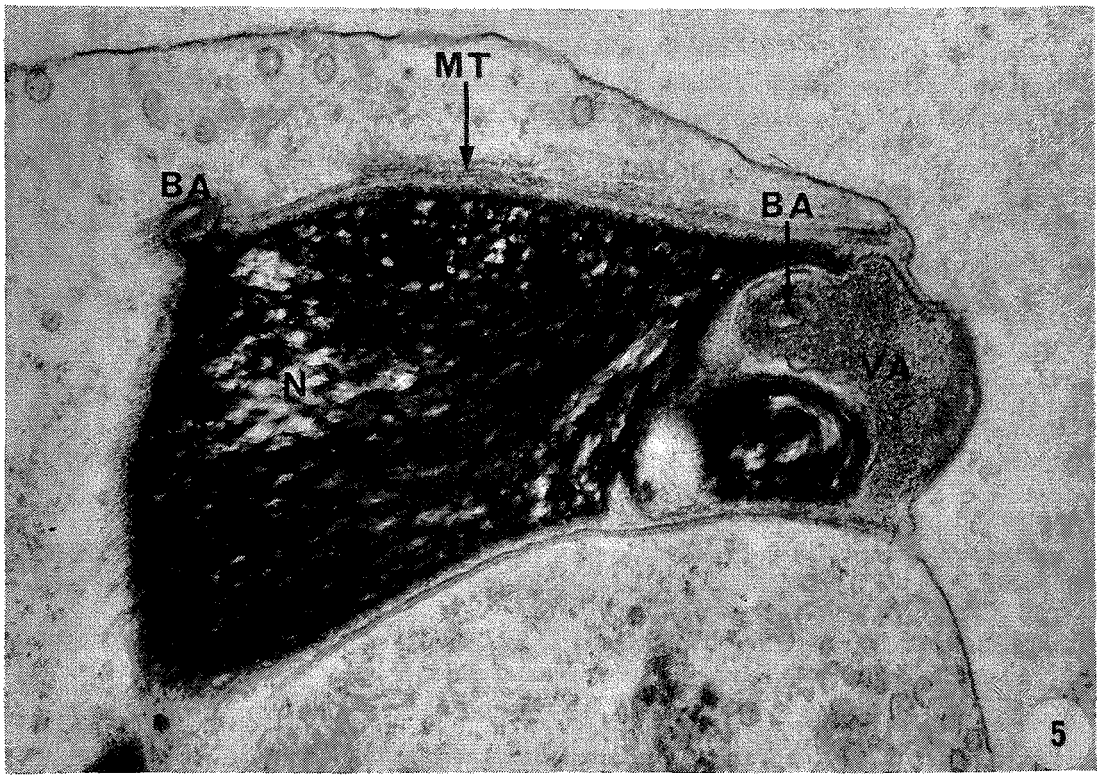
42.000 x

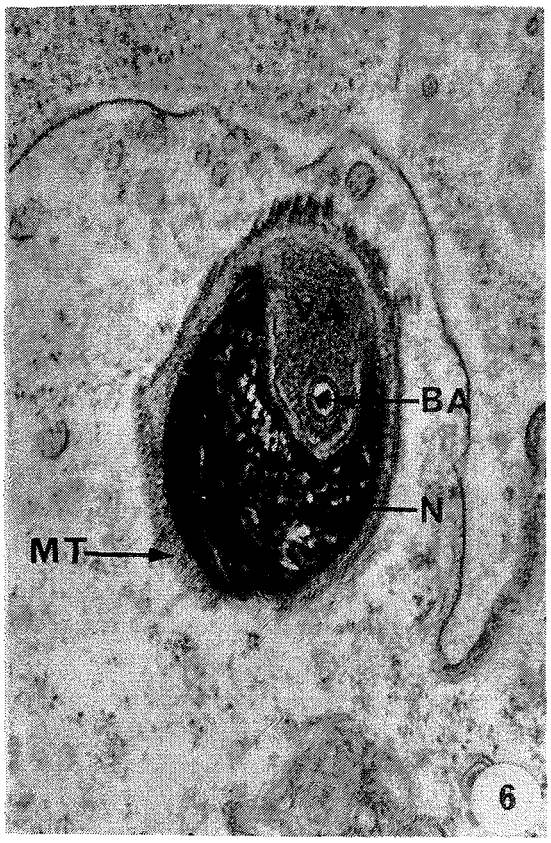
7 - Spermatide âgée laissant un résidu cytoplasmique important. Remarquer l'aspect hétérogène du contenu nucléaire.

24.600 x

Abréviations utilisées :

BA : baguette acrosomienne ; MT : microtubules ; N : noyau ;
VA : vésicule acrosomienne.


MT
BA
BA
N
VA
5


BA
N
MT
6

VA
BA
N
7

PLANCHE III

8 - Phase d'enkystement de la spermatide. Le noyau et le flagelle s'enroulent sur eux-mêmes. Une masse dense protège le départ du flagelle.

42.000 x

9 - Mitochondrie isolée dans le spermatozoïde enroulé.

56.000 x

10 - Cellule sexuelle mâle arrivée au terme de l'évolution. Un matériel de nature protéinique se dépose à sa surface.

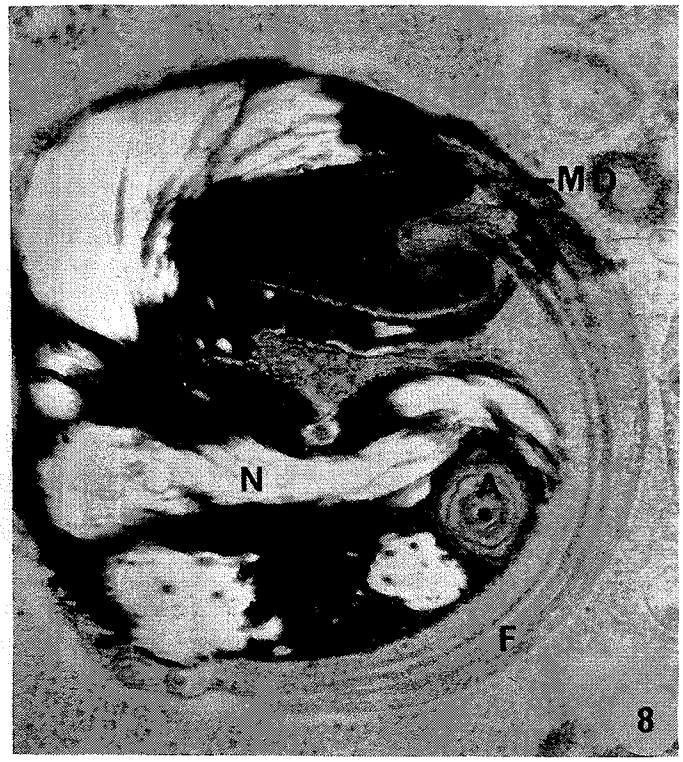
24.600 x

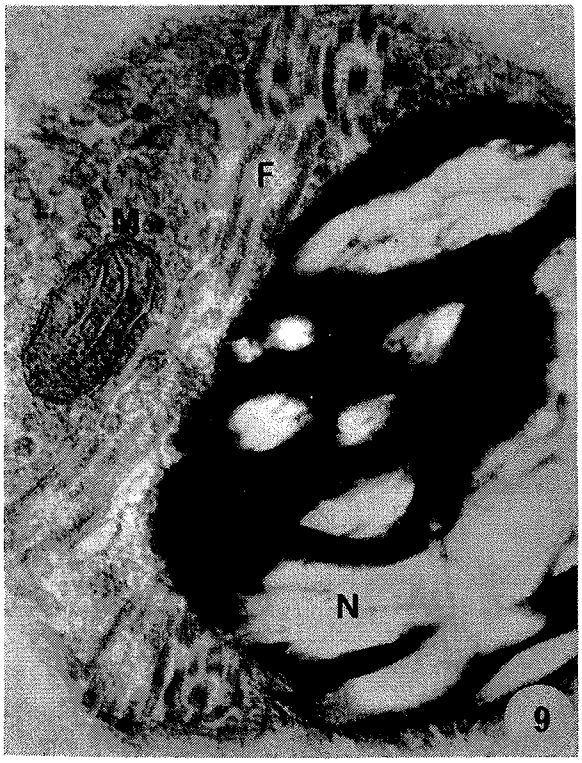
11 - Coupe longitudinale d'un spermatozoïde intratesticulaire. Le noyau garde un aspect hétérogène.

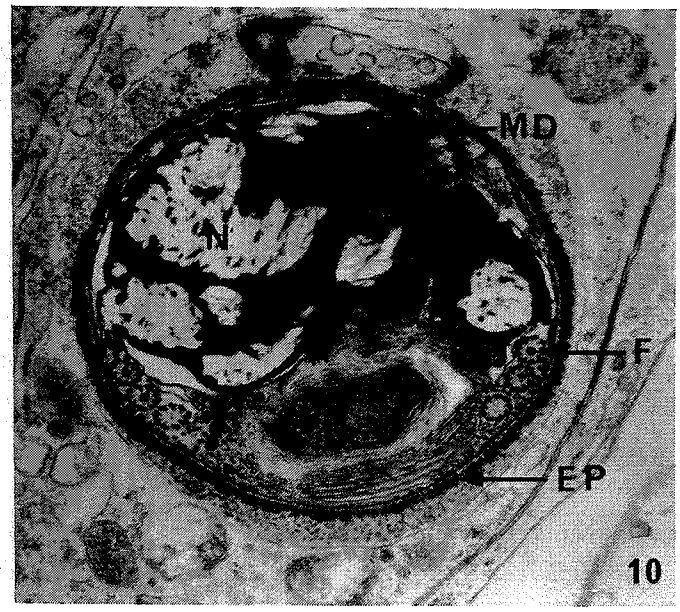
24.600 x

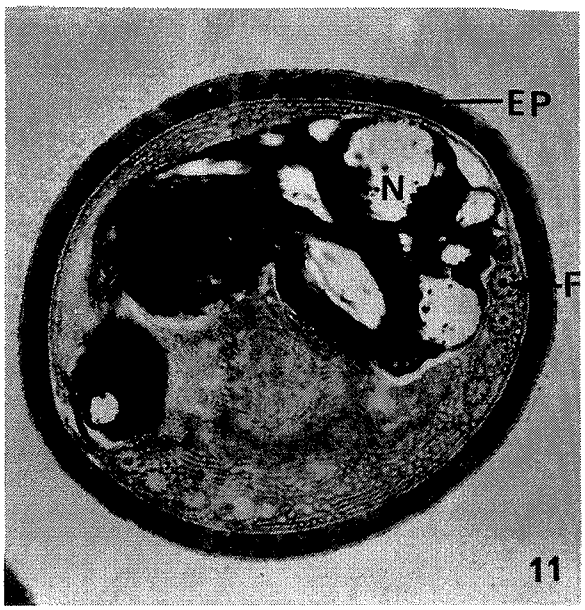
Abréviations utilisées

A : Acrosome ; EP : enveloppe protéinique ; F : flagelle ;
M : mitochondries ; MD : masse dense ; N : noyau.


MD
N
F
8


F
N
9


MD
N
F
EP
10


EP
N
F
11

DISCUSSION

M. VACHON :

- L'infrastructure du spermatozoïde mature décrite chez *Meta bourneti* a-t-elle été observée chez d'autres Aranéides ?

L. BOISSIN :

- Deux publications récentes ont été consacrées à l'étude ultrastructurale du spermatozoïde intratesticulaire des Aranéides, la première portant sur *Heptathela kimurai* (OSAKI, 1969), la seconde sur une *Pisaurina* (DEGER, 1970).

A. LOPEZ :

- J'ai eu l'occasion d'observer des spermatozoïdes emmagasinés dans le palpe mâle de *Pholcus phalangioides* : par leur coque d'enkystement, le triplet flagellaire central, la chromatine hétérogène, ils présentent un aspect similaire à celui décrit par Mme BOISSIN.

A. MUNOZ-CUEVAS :

- Y aurait-il des différences dans l'organisation centriolaire entre *Heptathela kimurai* et *Meta* ?

L. BOISSIN :

- Le grossissement des images fournies par OSAKI et des clichés que nous avons présentés étant insuffisant, il ne nous est pas possible d'apporter une réponse à cette question. Des différences existent peut-être, elles n'ont pas été décelées.

A. MUNOZ-CUEVAS :

- Quel peut bien être le rôle des microtubules périnucléaires ?

L. BOISSIN :

- Nous leur avons provisoirement attribué un rôle de soutien.

M. VACHON :

- Comment expliquez-vous le "désenkystement" des spermatozoïdes enroulés aussi bien chez les Araignées que chez les Pseudoscorpions ?

L. BOISSIN :

- Pour expliquer le désenkystement des spermatozoïdes enroulés qui se produit dans les voies génitales femelles des Pseudoscorpions après l'accouplement, nous avons supposé l'existence d'une substance, probablement sécrétée par la paroi de la spermathèque et qui provoquerait la lyse de l'enveloppe protéinique des gamètes mâles. Si un phénomène analogue de déroulement des éléments mâles se produit chez les femelles des Aranéides, la même hypothèse peut vraisemblablement être formulée.

(M. le Professeur M. VACHON intervient également pour souligner l'importance que présente, pour des recherches de ce type, une grande précision dans la détermination systématique du matériel étudié).