

ÉTUDE COMPARÉE
DE LA
SPERMATOGENÈSE
CHEZ LES ARTHROPODES

TROISIÈME PARTIE

Acariens. — Aperçu synthétique. — Conclusions.

PAR

G. GILSON

PROFESSEUR D'EMBRYOLOGIE A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE
DE LOUVAIN.

(Mémoire déposé le 31 octobre 1887.)

Acariens.

Très peu d'auteurs ont étudié les spermatozoïdes des acariens. LEYDIG (1), en 1855, décrivit et dessina, avec très peu de détails toutefois, les spermatozoïdes de l'*Ixodes testudinis*, et les cellules d'où il les fait dériver par une simple élongation. PAGENSTECHE (2), dans son beau mémoire sur l'anatomie des acariens, figure aussi quelques spermatozoïdes du *Trombidium*, lesquels, d'après lui, possèdent une tête et un appendice caudal, ainsi que trois éléments spermatiques de l'*Ixodes ricinus*; ceux-ci revêtent la forme d'un fuseau et ressemblent à ceux que LEYDIG a observés chez l'*Ixodes testudinis*. CLAPARÈDE (3) a figuré ceux de l'*Atax* et du *Tetranychus*. Ils se rapprochent de ceux des aranéides. Enfin HENKING (4) a étudié la formation des spermatozoïdes chez le *Trombidium fuliginosum*. Ses figures sont analogues à celles de CLAPARÈDE. Contrairement à PAGENSTECHE, il n'y a pas observé de filament caudal.

Les travaux de ces deux derniers auteurs n'ont que des rapports très indirects avec notre sujet, car les spermatozoïdes de l'*Atax*, du *Tetranychus* et du *Trombidium* sont entièrement différents de ceux des gamasides et des ixodides qui doivent seuls nous occuper.

En somme, les éléments spermatiques de ces deux familles n'ont donc été qu'entrevis; car les descriptions de LEYDIG, de CLAPARÈDE et de PAGENSTECHE sont très sommaires, et ne font d'ailleurs aucune mention de certaines particularités très curieuses que nous y avons observées et que nous allons décrire.

(1) LEYDIG : *Beitrage um feinere Bau der Arthropoden*; Muller's Archiv, 1855.

(2) PAGENSTECHE : *Beitrage zur Anatomie der Milben*. Leipsig, 1860-61.

(3) CLAPARÈDE : *Studien am Acariden*; Zeitsch. f. wiss. Zool., 1868.

(4) HENKING : *Beitrage zur Anat. Entwickl. und Biologie von Trombidium*; Zeitsch. f. wiss. Zool., 1882.

Première étape.

Nous avons observé dans les cellules-mères divers stades de la segmentation binaire, FIG. 806.

D'autre part nous n'y avons jamais rencontré d'amas cellulaires, colonies ou cystes, indiquant la mise en œuvre d'un autre mode de cytodiérèse. Aussi pensons-nous que le premier mode s'y produit exclusivement.

Deuxième étape.

Décrivons d'abord la cellule spermatique, c'est-à-dire l'élément qui en se différenciant devient un spermatozoïde. C'est une cellule globuleuse, ne présentant dans sa forme extérieure aucune particularité. Jamais nous ne l'avons vu produire de prolongements amiboïdes.

Le protoplasme est finement granuleux, et la membrane très mince, quoique fort nette.

Le noyau est très volumineux. Il présente une disposition remarquable qui a été décrite pour la première fois par le professeur CARNOY dans les cellules testiculaires des chilopodes. Ce noyau contient une masse considérable de caryoplasme. Cette masse limitée par la mince membrane nucléaire loge près de son centre un corps parfaitement sphérique : le nucléole. Celui-ci possède à son tour une mince membranule, à la face interne de laquelle sont appliqués des bâtonnets nucléiniens distincts et bien colorables par le vert de méthyle; son centre paraît vide.

Ce nucléole a donc la structure d'un noyau ordinaire et appartient à cette catégorie de corps que CARNOY a nommés nucléoles-noyaux.

Ce savant a d'ailleurs montré chez les chilopodes qu'il dérive directement de la couronne polaire de la caryocinèse (1). La membrane du noyau proprement dit se forme ultérieurement dans le cytoplasme à une certaine distance du noyau primitif, circonscrivant ainsi une masse plus ou moins modifiée de protoplasme, qui prend dès lors le nom de caryoplasme.

Les mêmes phénomènes se passent chez nos acarides. Nous avons représenté, FIG. 806, deux cellules spermatiques encore adhérentes, qui viennent de naître par la division binaire d'une cellule-mère. Dans l'une de ces cellules le nucléole-noyau est déjà formé, mais il est encore plongé librement dans le cytoplasme. Dans l'autre le développement a fait un pas de plus :

(1) J. B. CARNOY : *La Cytodiérèse chez les Arthropodes*; *La Cellule*, t. I, fasc. 2, p 301.

une membrane mince, ondulée, encore mal affermie se voit dans la masse cytoplasmique, autour du petit noyau primitif. La portion de protoplasme qu'elle a circonscrite a déjà pris l'aspect plus lâche et plus grossièrement granuleux, présenté d'ordinaire par le caryoplasme de cette espèce.

La FIG. 807 marque une stade un peu différent : la membrane n'est pas encore formée, mais déjà le cytoplasme voisin du nucléole-noyau a pris le caractère grossièrement granuleux du caryoplasme des cellules adultes.

La formation de la membrane nucléaire proprement dite est plus ou moins hâtive. Il arrive exceptionnellement qu'elle est retardée jusqu'après le début de l'étirement de la cellule, ainsi qu'on le voit sur le FIG. 812.

La cellule spermatique étant connue, suivons maintenant sa transformation en spermatozoïde.

Sa différenciation est assez simple; elle comprend les phénomènes suivants :

Tout d'abord la cellule entière s'allonge modérément et prend la forme d'un fuseau.

Notre planche XVI représente divers stades de cet allongement, ainsi que la forme du spermatozoïde adulte, dans quatre espèces de gamasides, que nous n'avons pas encore déterminées jusqu'ici.

Le noyau proprement dit subit une modification analogue : il s'étire en un long fuseau dans le *Gamasus* qui est parasite du *Bombus muscorum*. Chez les espèces qui hantent la *Silpha obscura* et le *Necrophorus variegatus*, il s'aplatit un peu tout en s'étirant moins, et prend la forme d'une amande, FIG. 813 à 824.

En même temps le cytoplasme et le caryoplasme subissent, chacun de son côté, des modifications internes.

Le cytoplasme se remplit peu à peu de granules brillants, assez gros et très régulièrement rangés, FIG. 813, 814, 821.

Que sont ces granules? Faut-il les regarder comme de très petites enclaves albuminoïdes ordinaires? C'est l'impression qu'ils nous firent au premier abord. Ou bien ne seraient-ils pas plutôt des épaisissements occupant les points d'entrecroisement des trabécules du réticulum protoplasmique? L'arrangement régulier, souvent linéaire et longitudinal de ces granules, l'uniformité de leur volume nous portent à croire qu'il en est ainsi.

L'orientation longitudinale du réticulum se manifeste surtout dans la couche périphérique du protoplasme, qui est adjacente à la membrane.

Examine-t-on à l'aide du nouvel objectif à immersion homogène de ZEISS, la surface d'un spermatozoïde mûr, on y distingue des lignes parallèles et longitudinales sur toute la cellule, FIG. 815, 817 à 822, 824. On parvient à s'assurer que ces lignes dérivent de séries de trabécules régularisées du réticulum. Elles tapissent la face interne de la membrane, comme celles que l'on distingue sous la cuticule de certains infusoires, ainsi que le chanoine CARNOY l'a décrit et le démontre chaque année dans ses leçons.

Lorsque le spermatozoïde est complètement achevé, on n'aperçoit, il est vrai, aucune trace des trabécules transversales ou obliques du réticulum; mais celles-ci sont au contraire très nettes sur certaines cellules spermatiques encore en voie de différenciation, ainsi que nous l'avons observé chez l'espèce parasite du *Bombus*, FIG. 821, et surtout chez celle de la *Silpha obscura* FIG. 817. On y suit facilement la différenciation du réticulum, c'est-à-dire la disparition des trabécules transversales, l'épaississement et la régularisation des trabécules longitudinales.

Les stries longitudinales, vues en coupe optique transversale, figurent autant de cannelures internes, FIG. 816 et 823. Elles présentent alors une épaisseur plus forte que leur aspect longitudinal ne permet de leur supposer.

Quelques spermatozoïdes un peu altérés de l'espèce du *Bombus* nous ont révélé une complication plus grande encore dans la structure de ces corps. Ces éléments avaient subi le contact de l'eau distillée et s'étaient gonflés notablement, FIG. 819. Chacune des stries était alors formée sur la plus grande partie de sa longueur par deux rangées de points parallèles; on eut dit que la strie primitive s'était dédoublée longitudinalement, et en même temps segmentée transversalement.

En certains endroits les deux rangées de points étaient remplacées par deux lignes interrompues et parallèles, formant ensemble une strie principale. Sans doute que dans ce cas le dédoublement longitudinal de la strie primitive s'était seul produit.

Une structure analogue de la couche périphérique se constate sur les spermatozoïdes de l'espèce parasite du *Necrophorus germanicus*, FIG. 825 à 829; seulement les stries y sont transversales et un peu obliques. Il semblerait ici que les trabécules transversales du réticulum se sont épaissies et régularisées, tandis que les longitudinales sont restées plus faibles et finissent par disparaître. Tous ces faits sont en accord avec la conception

moderne de la structure réticulée du protoplasme, si bien étudiée et généralisée par J. B. CARNOY.

Passons maintenant aux modifications internes qui se manifestent dans le noyau.

Tout en s'allongeant il prend un aspect particulier. Chez l'espèce qui fréquente le *Bombus*, il commence par se remplir de grains réfringents; ceux-ci semblent ensuite se dissoudre ou se fusionner, et alors le noyau est rempli d'une substance hyaline et homogène, FIG. 808 à 811.

Dans les autres espèces, il prend le même aspect, mais nous n'y avons pas observé le stade à gros granules dont nous venons de parler. Nous avons remarqué souvent que l'acide osmique contracte la substance hyaline qui imbibe le caryoplasme; elle se présente alors sous la forme d'un coagulum allongé occupant le milieu du noyau. Cet état est représenté par les FIG. 814 et 817.

Quant au nucléole-noyau, il conserve en général dans le spermatozoïde mûr la structure qu'il possède dans la jeune cellule spermatique. De temps en temps cependant les bâtonnets nucléiniens y paraissent plus ou moins fusionnés.

Chez l'espèce qui fréquente le *Necrophorus germanicus*, ce nucléole-noyau présente une disposition bien remarquable. Il semble sortir de son noyau par l'extrémité supérieure, puis perforer la membrane de la cellule et se faire jour au dehors. On le trouve souvent engagé à demi dans une ouverture de la membrane cellulaire, située sur la face latérale du fuseau, à peu près à égale distance des deux extrémités, FIG. 826 à 828.

Peut-être la membrane cellulaire n'est-elle que refoulée par le nucléole; elle échapperait à l'observation, grâce à son amincissement et à son accolement intime au noyau. Mais il est un fait qui rend plus probable l'existence d'une véritable perforation de la membrane : c'est la chute du nucléole. Nous l'avons observée à plusieurs reprises : la cellule présentait une ouverture béante devant laquelle gisait sur le slide le nucléole intact, FIG. 830. C'est le seul exemple que nous connaissions d'un noyau venant faire saillie hors de sa cellule. Cette disposition curieuse semble indiquer que dans l'imprégnation le spermatozoïde entre en contact avec l'œuf en s'y accolant latéralement, mais nous n'avons pas vérifié cette hypothèse.

Troisième étape.

Les spermatozoïdes mûrs sont libres. Chez le mâle nous les avons trouvés immobiles; dans une femelle ils présentaient de légers mouvements de contraction. LEYDIG a fait une observation semblable chez *Ixodes testudinis*.

Dans les quatre espèces que nous avons étudiées la nature cellulaire du spermatozoïde adulte se laisse reconnaître avec la plus grande facilité. La membrane avec les stries qui la tapissent est très nette, et le corps protoplasmique bien distinct; la structure du nucléole-noyau est celle d'un noyau ordinaire. Un seul détail paraît énigmatique à première vue : le corps allongé ou amygdaliforme qui loge notre nucléole-noyau. Mais l'étude attentive de la genèse de ce corps, nous venons de le voir, démontre à l'évidence qu'il n'est pas autre chose que le noyau proprement dit, modifié dans sa forme et sa structure interne.

Nous avons trouvé deux fois dans la femelle des spermatozoïdes altérés : les lignes longitudinales étaient devenues très sinueuses et paraissaient formées de gros points entièrement séparés. Tous les spermatozoïdes contenus dans ces femelles présentaient cette modification, FIG. 824.

RÉSUMÉ.

Chez les gamasides et les ixodides les phénomènes de la spermatogénèse peuvent se synthétiser de la manière suivante :

Première étape.

La segmentation binaire est le seul mode de multiplication des cellules-mères.

Deuxième étape.

La cellule spermatique contient un noyau volumineux, riche en cytoplasme et logeant un nucléole-noyau.

Cette cellule s'allonge plus ou moins; son noyau fait de même, tout en s'incrustant d'une substance hyaline. Mais le nucléole conserve sa forme et sa structure.

Divers détails dépendant du réticulum plasmatique apparaissent dans la couche périphérique de la cellule. Ces détails sont variables d'une espèce à l'autre. La situation du nucléole ne l'est pas moins; ce corps peut même émigrer du noyau, et venir se produire dans une ouverture latérale du spermatozoïde adulte.

Troisième étape.

Les spermatozoïdes achevés sont libres et isolés; immobiles dans le mâle, ils sont doués de mouvements de contraction chez la femelle (1).

(1) Avant de clore la partie analytique de ce travail, donnons un court aperçu du mémoire de FR. STUHLMANN (1) sur la spermatogénèse des cyprides. Cet auteur est arrivé à des résultats très intéressants.

Il trouve dans la portion terminale du cœcum testiculaire un syncytium; c'est une production de la même nature que le plasmodium proliférateur que nous avons décrit chez les crustacés décapodes. Ce syncytium donne naissance à de grandes cellules mères uninucléées. Chez la *Cypris punctata*, celles-ci se divisent et produisent, par simple segmentation binaire, des cellules uninucléées qui se transforment en spermatozoïdes. Chez la *Cypris monacha*, la première étape débute de la même manière, mais se complique ensuite; en effet, certaines cellules deviennent multinucléées. Celles-ci s'allongent en longues bandelettes qui s'amincissent de plus en plus et présentent bientôt autant de renflements qu'elles contiennent de noyaux. Les noyaux eux-mêmes finissent par s'allonger et s'étirer. L'auteur ne pense pas cependant que le spermatozoïde des *Cypris* possède en réalité plusieurs noyaux, ce qui serait un phénomène absolument inconnu jusqu'ici et extrêmement remarquable. Il pense plutôt que ces premières bandelettes multinucléées se sectionnent plus tard en autant de tronçons qu'elles possèdent de noyaux; mais il n'a pu acquérir la certitude à cet égard. Chez la *Cypris punctata* les cellules nées par segmentation s'allongent simplement pour se transformer en spermatozoïdes. Leur noyau s'allonge aussi, devient fusiforme, puis filiforme et se retrouve en cet état dans l'axe du spermatozoïde mûr, qui ne tarde pas à s'entourer d'une spirale. Plus tard le fil central devient invisible.

Il n'est donc question dans ce groupe ni de spermatocystes, ni de spermatogemmes, ni de Nebenkern.

Il n'y a pas de spermatophores chez les cyprides. LILJEBORG (2) soutenait déjà en 1853 que les spermatophores dont parle ZENKER sont les vrais spermatozoïdes. Ce fait est désormais acquis à la science.

(1) FR. STUHLMANN : *Beiträge zur Anatomie der inneren männlichen Geschlechtsorgane und Spermatogenese der Cypriden*; Aus dem zoologischen Institut zu Freyburg i. B., Mit Tafel XXXII.

(2) LILJEBORG : *De crustaceis ex ordinibus tribus : Cladocera, Ostracoda et Copepoda in Suevia occurrentibus*. Lund, 1853.

DEUXIÈME PARTIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Nous nous sommes borné jusqu'ici à présenter au lecteur les résultats de nos recherches dans les principaux groupes d'arthropodes, et à tirer des faits les déductions les plus immédiates dans chacun de ses groupes en particulier.

En d'autres termes, nous avons décrit successivement les phénomènes que présente la spermatogénèse chez les myriapodes, les divers ordres d'insectes, les arachnides et les crustacés.

Il nous reste maintenant, pour que ce livre réponde à son titre, à comparer entre eux ces résultats particuliers, afin d'en tirer des conclusions plus générales.

Nous suivrons dans cette seconde partie une marche synthétique. Au lieu d'analyser en détail, comme nous l'avons fait précédemment, les trois étapes de la spermatogénèse, l'une après l'autre, dans chaque animal, nous considérerons chacune d'elles, prise à part, en notant les modifications qu'elle subit dans toute la série des arthropodes.

Après cette récapitulation, il nous sera possible de rechercher dans le dédale des variations ce qu'il y a de constant et d'essentiel, de marquer en un mot les faits généraux qui constituent ce qu'on est convenu d'appeler *Lois* en biologie.

I.

APERÇU SYNTHÉTIQUE.

Première étape.

La première des trois étapes de la spermatogénèse embrasse tous les phénomènes qui ont trait à la genèse de la cellule spermatique. Son étude a pour but de retracer l'histoire de la généalogie et de la naissance de la

cellule privilégiée qui se transforme en spermatozoïde. C'est assez dire qu'elle comprend avant tout des phénomènes de division cellulaire, puisque toute cellule dérive d'une autre cellule par voie de division.

Il n'en résulte pas que l'étude de cette étape soit facile et simple, car ce phénomène de la division cellulaire est lui-même susceptible de nombreuses variations dans ces détails, ainsi que l'ont démontré plusieurs cytologistes et surtout J. B. CARNOY (1).

Pour être complète, l'étude de cette étape devrait prendre comme point de départ les premières d'entre les cellules de l'être en voie de développement, qui ne doivent plus engendrer que des éléments spermatiques, c'est-à-dire en d'autres termes nos *métrocytes primordiales*.

Elle devrait ensuite étudier la division de ces métrocytes, et suivre le développement de leur lignée jusqu'à la naissance de la cellule spermatique.

Malheureusement de grandes difficultés entourent les débuts de cette évolution; leur étude exige beaucoup de temps et de patience, et pourront fournir matière à des publications spéciales. Jusqu'à ce jour nous n'avons pu reconstituer l'histoire complète des métrocytes que chez les lépidoptères. Pour les autres groupes, force nous a été de prendre pour point de départ les éléments contenus dans le testicule pendant le jeune âge, sans pouvoir nous assurer du nombre de générations qui les séparaient des métrocytes primordiales.

Ces éléments sont tantôt des cellules libres et uninucléées : c'est le cas des insectes des arachnides, des myriapodes et des crustacés édriophthalmes.

D'autres fois ce sont des masses indivises de protoplasme contenant des noyaux : tel est le plasmodium pariétal que nous avons décrit chez les crustacés décapodes et stomatopodes, et qui dérive sans doute de la fusion d'un épithélium tapissant la cavité testiculaire dans le jeune âge, comme l'a observé GROBBEN.

A défaut de données positives sur l'origine de ces premiers éléments, nous avons dû nous contenter d'en suivre l'évolution; c'est-à-dire d'observer les phénomènes de division dont les métrocytes, ou le plasmodium et leurs descendants deviennent le siège. Nous avons constaté dans ces phénomènes les variations les plus divergentes.

(1) J. B. CARNOY : *La Cytodiérèse chez les Arthropodes*; La Cellule, tome I, 2^e fascicule.

Tout est variable dans la division des cellules testiculaires des arthropodes : le mode de division du noyau, celui de la scission du protoplasme, enfin les relations qui existent entre ces deux ordres de phénomènes.

Sous tous ces rapports on observe des différences notables dans les diverses familles d'un ordre, et même dans les diverses espèces d'un seul genre. Il y a plus, chez un même individu on peut trouver des variations dans le mode de deux générations cellulaires successives.

Nous allons passer rapidement en revue les particularités que présentent les cellules testiculaires :

- 1° Dans la caryodiérèse;
- 2° Dans la plasmodiérèse;
- 3° Dans les rapports qu'affectent entre eux la division du noyau, la division du protoplasme et le partage de la membrane.

1° *Caryodiérèse.*

On en connaît deux types principaux : la *caryocinèse* et la *caryosténose*. Ces deux termes remplacent les dénominations *division indirecte* et *division directe* de FLEMMING; J. B. CARNOY, qui a proposé le second, leur a assigné un sens précis dans son mémoire sur la Cytodiérèse chez les arthropodes⁽¹⁾.

Rappelons que l'une des principales conclusions de cet important travail est que ces deux modes de caryodiérèse ne sont pas essentiellement distincts.

Nous ne suivrons pas le savant professeur dans le développement des nombreux arguments qu'il produit à l'appui de cette manière de voir, ce serait sortir de notre cadre. Pour tout ce qui concerne la division en elle-même, nous devons nous borner à renvoyer le lecteur à ce mémoire. Il y apprendra entre autres choses que les deux modes de division nucléaire ont été observés dans les cellules testiculaires des insectes et surtout des crustacés, et il y constatera les variations plus ou moins profondes que ces deux modes peuvent présenter.

Appelons simplement l'attention sur un fait qui ressort plus spécialement de nos propres recherches; ce fait le voici. *Parmi les éléments testiculaires*, la caryosténose se produit surtout, si pas exclusivement, dans les amas qui constituent des réserves destinées à la saison d'activité suivante,

(1) J. B. CARNOY : L. c., p. 408 et suiv..

c'est-à-dire dans des éléments animés en ce moment d'une faible activité proliférative; la caryocinèse y apparaît plus tard, dès le début de leur entrée en fonctionnement actif. Les crustacés édriophthalmes et les décapodes nous ont surtout présenté ce double fait avec évidence dans les noyaux de leurs cellules pariétales, de leur plasmodium et enfin de leurs métrocytes.

Il semble donc que la caryocinèse soit de loin le mode le plus adapté à la multiplication rapide, à la véritable prolifération des cellules testiculaires. Cependant on ne pourrait nier que la caryosténose ne puisse suffire, dans certains cas, à un travail de prolifération active, tel que celui que nous avons signalé dans les noyaux plasmodiques du *Porcellio dilatatus*, pendant le jeune âge (1).

2° *Plasmodiérèse.*

Ce phénomène a été étudié d'une manière approfondie dans les cellules testiculaires par J. B. CARNOY dans son mémoire déjà cité (p. 372 à 394).

Il résulte de ses recherches que la division du protoplasme peut s'y faire soit par un simple étranglement, soit à l'aide d'une plaque cellulaire, soit à l'aide de ces deux procédés à la fois.

3° *Rapports entre la caryodiérèse, la plasmodiérèse et la division de la membrane.*

Ces rapports sont extrêmement variables. On peut distinguer à ce point de vue dans les cellules testiculaires des arthropodes trois cas principaux :

1^{er} CAS. La plasmodiérèse s'opère immédiatement après la caryodiérèse, et la membrane se partage entre les deux nouvelles cellules.

2^e CAS. La plasmodiérèse se fait encore immédiatement, mais la membrane de la cellule-mère reste étrangère à la division.

3^e CAS. La plasmodiérèse tarde jusqu'après la division des deux premiers noyaux, et la membrane de la métrocyte est aussi réservée.

Reprenons.

1^{er} CAS. La plasmodiérèse s'opère immédiatement après la caryodiérèse, la membrane cellulaire se divise aussi, et les deux nouvelles cellules se séparent.

(1) Voir 2^e Mémoire, p. 110.

Ce mode de division n'est autre que la segmentation binaire proprement dite, ou segmentation *exogène*(1), le plus fréquent de tous les modes de division.

Selon toute probabilité, c'est par la segmentation binaire que débute la multiplication dans les métrocytes primordiales en général. Le travail de SPICHARDT (2), qui a paru depuis la publication de notre première partie, met la chose hors de doute, mieux encore que nous ne l'avions fait, pour ce qui concerne les lépidoptères.

Ce mode s'observe seul dans l'évolution des cellules testiculaires chez les myriapodes, chilognathes et chilopodes, chez les acariens et les crustacés amphipodes.

Chez les insectes il se produit aussi avec une grande activité, mais le deuxième et le troisième mode (segmentation endogène et division simultanée) s'y produisent aussi, ainsi que nous le rappellerons tout-à-l'heure.

Il en est chez les aranéides comme chez les insectes.

Chez les crustacés édriophthalmes, stomatopodes et décapodes, la segmentation binaire s'observe seule pendant la période d'activité. Chez les cirripèdes nous avons constaté l'existence de ce mode, mais la présence de cellules multinucléées nous porte à y admettre aussi le troisième mode; néanmoins, jusqu'à nouvel ordre, nous maintenons sur ce point les restrictions que nous avons faites antérieurement (3).

2^e CAS. La plasmodiérèse se fait encore après la caryodiérèse, mais la membrane de la cellule-mère ne prend pas part à la division.

Ce second mode constitue la segmentation *endogène* de CARNOY (4).

Ce mode est fréquent chez les insectes. Nous l'avons observé pour la première fois chez un diptère, l'*Ornithobia cervi*. Mais depuis la publication de notre premier fascicule nous l'avons retrouvé dans divers ordres, entre autres chez les coléoptères.

(1) Plusieurs botanistes appellent ainsi la division binaire dans laquelle la membrane de la cellule se retrouve tout entière autour des cellules filles, en opposition avec la multiplication cellulaire par voie libre ou endogénique, laquelle est caractérisée par ce que les nouvelles cellules naissent et organisent leur membrane propre au sein du protoplasme de la cellule-mère dont la membrane persiste et leur sert d'enveloppe commune.

(2) SPICHARDT : *Beiträge zu der Entwick. der männlichen genitalien und ihrer Ausgänge bei Lepidopteren*; Verh. d. nat. Ver. Jahrg. XXXXIII, 5. Folge, III Bd.

(3) Voir 1^{er} Mémoire, p. 198 et 199.

(4) J. B. CARNOY : *Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons*. Gand, 1870, p. 91. — CARNOY ayant observé dans le sporange de certaines mucorinées une véritable segmentation binaire interne, respectant la membrane sporangiale qui entoure encore les spores à la maturité, a proposé cette dénomination nouvelle, afin de distinguer ce mode de la segmentation binaire ordinaire ou exogène.

Ce qui le caractérise, c'est que la membrane de la cellule-mère ne se retrouve pas dans la membrane des cellules-filles. Cette dernière est dans toute son étendue une formation nouvelle, née de la différenciation de la couche externe du protoplasme; la membrane de la cellule-mère persiste en dehors sous la forme d'une enveloppe commune.

Si la membrane primitive se brise ou se résorbe bientôt, cette division donne naissance à deux cellules libres, comme dans la segmentation binaire proprement dite.

Mais souvent elle persiste et semble même se consolider. De leur côté les deux cellules-filles entrent en une nouvelle segmentation binaire, et ce phénomène se poursuivant régulièrement engendre un amas de cellules qui sont maintenues ensemble par la membrane de la cellule-mère, et forment une colonie d'aspect identique à celles qui doivent leur origine à la division simultanée.

Notons que l'on rencontre souvent de volumineuses colonies qui ne sont plus entourées d'une membrane. Celle-ci en effet se résorbe à un moment donné; ou bien elle crève, parce qu'elle est distendue outre mesure par les éléments internes qui s'accroissent tout en proliférant.

3^e CAS. La division du protoplasme reste en retard sur la division du noyau. Les deux premiers noyaux se divisent à leur tour avant que le protoplasme n'entre en mouvement, et la cellule devient multinucléée. Plus tard cependant le protoplasme se scindera en autant de cellules qu'il renferme de noyaux, c'est-à-dire qu'il subira le phénomène de la *division simultanée*.

C'est ce mode qui engendre les amas de cellules contenues dans la membrane de leur métrocyte, et que nous avons appelés colonies ou cystes. Un seul caractère différencie ce mode d'avec le précédent : le protoplasme demeure indivis pendant un certain temps après l'achèvement de plusieurs divisions nucléaires. Il en résulte que la première plasmodiérèse donne simultanément naissance à plus de deux cellules. Comme dans la segmentation endogène, la membrane de la cellule-mère ne se retrouve pas dans les cellules-filles; elle leur reste toujours extérieure et sert d'enveloppe générale à la colonie, au moins pendant un certain temps.

On voit que ce mode est loin d'être essentiellement différent du précédent. Un simple retard de la plasmodiérèse suffit pour que la première de ces deux variétés de division soit remplacée par la seconde. Aussi n'est-il pas étonnant de voir souvent ces deux modes mis en œuvre en même temps et côte à côte, dans un même massif d'éléments spermatiques.

Nous avons signalé la formation simultanée chez les insectes et les arachnides.

M. WIELOWIEJSKI (1), notre savant collègue de Lemberg, qui a bien voulu contrôler nos recherches sur les lépidoptères, pense que la division simultanée dont nous venons de parler ne se produit pas chez ces insectes, et que la plasmodiérèse suit toujours de près la première division du noyau; la métrocyte ne passerait donc jamais par le stade de cellule multinucléée.

Il est incontestable, à nos yeux, qu'il existe des cellules multinucléées chez les insectes, excepté, peut-être, chez les divers diptères que nous avons examinés.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, des recherches terminées trop tard pour être consignées dans notre premier fascicule nous ont permis de constater l'existence de la segmentation endogène dans plusieurs ordres d'insectes. Néanmoins nous continuons à trouver en même temps des cellules multinucléées ne présentant aucun indice de plasmodiérèse, même en employant la méthode de WIELOWIEJSKI. Cette méthode est cependant très défavorable à la recherche des cellules multinucléées.

En effet, elle consiste dans l'application brusque d'agents fixateurs très énergiques, tels que l'alcool absolu, qui contractent fortement le protoplasme. Or, il est très possible que cette action condense une certaine masse de protoplasme autour de chaque noyau pris comme centre, surtout dans les cellules où le travail naturel de partition du protoplasme s'ébauche déjà, sans s'indiquer encore à l'état frais. Nous pensons que la fixation rapide, mais modérée des éléments saisis dans leur milieu normal par un agent gazeux, l'anhydride osmique ou sulfureux, appliqué comme nous le faisons, est la méthode la plus délicate et la mieux appropriée à l'étude de ces éléments. Elle est bien loin de produire la fusion des cellules. Car elle permet de distinguer, déjà par leur simple aspect, les cellules à 2, 3, 4 ou 5 noyaux des amas de 2, 3, 4 ou 5 cellules individualisées par l'autre mode de division, c'est-à-dire par la segmentation endogène. Son usage ne nous permet pas de douter de l'existence des cellules multinucléées et, par suite, de la plasmodiérèse simultanée chez les insectes.

DE LA VALETTE ST-GEORGE et SPICHARDT admettent d'ailleurs l'existence de ces cellules chez les mêmes animaux. Notons cependant que nos nouvelles recherches n'ont pas porté sur les espèces que WIELOWIEJSKI a étudiées; il n'est pas impossible que les deux variétés si voisines de cytodièrese ne soient liées ni aux familles, ni aux genres ni même aux espèces.

(1) WIELOWIEJSKI : Archives slaves de Biologie, fascicule I, tome II, p. 30, 1886.

REMARQUES.

1^o *Genèse des colonies de dernière génération.*

Depuis la publication de notre premier fascicule, nous avons fait sur les lépidoptères quelques nouvelles observations qui ont jeté un peu de lumière sur une question que nous avons laissée indécise : la question de l'origine du noyau satellite des colonies spermatiques, que nous avons appelé conventionnellement et sous condition «noyau femelle».

Ces recherches nous ont en effet révélé une variété particulière et très intéressante de cytodierèse endogène, que nous allons décrire brièvement. C'est le *Cossus ligniperda* qui nous en a fourni les plus beaux exemples, et qui nous servira de type.

Prenons comme point de départ la FIG. 854 qui représente une des métrocytes génératrices des colonies de cellules spermatiques.

Par la division de son noyau, cette métrocyte devient binucléée, FIG. 855.

A partir de ce moment, son évolution peut suivre deux voies différentes dont l'une est une variété de la segmentation binaire endogène, tandis que l'autre est un cas particulier de la division simultanée.

Les FIG. 856 et 857 appartiennent au premier mode. Dans la FIG. 856, l'un des deux noyaux a subi des modifications : il a pris une forme allongée, et son élément nucléinien est devenu plus grêle et très fragmenté.

La FIG. 857 est au stade ultérieur; la division du protoplasme s'est opérée. La membrane de la métrocyte cependant ne s'est pas partagée : nous sommes donc en présence d'un cas de formation endogène.

Mais, fait remarquable, une seule des deux cellules-filles s'entoure de toute part d'une membrane propre, prend des contours nets en s'arrondissant un peu, en un mot revêt les caractères d'une cellule bien individualisée. C'est celle qui contient le noyau qui a gardé son aspect primitif, reconnaissable à sa sphéricité et à la forme de tronçons épais et assez longs de son élément nucléinien.

L'autre cellule ne s'organise pas de membrane propre; elle demeure intimement accolée à la membrane de la métrocyte par sa surface externe. Quant à sa face interne, celle qui regarde l'autre cellule, elle reste mal limitée, dépourvue de toute membrane distincte, et se moule sur la cellule-sœur. Elle contient le noyau modifié. L'accolement de cette cellule à la membrane primitive, sa privation de membrane du côté interne, et enfin son

sort ultérieur démontrent qu'elle demeure pour ainsi dire propriétaire de la membrane de la métrocyte, qui contient aussi sa consœur. Il en résulte que, dans ce mode de division, *l'une des deux cellules-filles de la métrocyte contient l'autre*.

Dans l'autre mode, la scission du protoplasme ne s'opère pas aussitôt après la division du noyau. Les deux nouveaux noyaux peuvent se diviser encore avant qu'elle ne se réalise; témoins les FIG. 858, 859, 861 et 862. La FIG. 862 qui contient quatre noyaux identiques d'aspect démontre que la division simultanée doit s'y produire.

Mais ici encore surgissent des variations. En effet la FIG. 860 faisant suite à la FIG. 859 établit que, dans une cellule à plusieurs noyaux, la division peut ne s'opérer qu'autour d'un seul d'entre eux. Les FIG. 861, 863 et 864 nous indiquent également des variétés de développement, dans lesquelles les deux espèces de noyaux se multiplient plus ou moins vite.

Cependant, au milieu de toutes ces variations, un fait demeure constant: lors de la division du protoplasme, qu'elle soit binaire ou multiple, une partie de cet élément s'entoure d'une membrane propre et s'individualise nettement; tandis que l'autre conserve pour membrane la membrane persistante de la métrocyte, et contient l'autre partie.

Nous appellerons cette partie enveloppante *cellule-reste* de la métrocyte.

Tôt ou tard, le noyau ou les noyaux de la cellule-reste se différencient comme nous l'avons décrit à propos de la FIG. 856.

Grâce à ces données, un coup d'œil comparatif jeté sur les stades plus avancés du développement, FIG. 865, 866 et 867, permet de reconnaître dans ces noyaux différenciés les noyaux satellites ou « femelles », qui se retrouvent plus tard à côté des faisceaux de spermatozoïdes.

Ainsi, dès l'apparition de cette différenciation nucléaire, la lignée d'une métrocyte, se trouve divisée en deux sortes d'éléments distincts. La première, représentée par les noyaux qui conservent l'aspect qu'ils ont pendant la période d'activité cinétique, c'est-à-dire la forme sphérique et les bâtonnets nucléiniens épais, constitue l'élément fertile ou proliférateur. Elle doit donner naissance aux cellules coloniales et actives, et par là aux spermatozoïdes.

La seconde comprend les noyaux modifiés, et forme l'élément stérile, simple satellite du premier pendant toute l'évolution.

La particularité variable de cette évolution c'est le nombre de noyaux de chaque espèce, contenus dans la cellule au moment de la plasmodiérèse.

S'il n'y a qu'un noyau proliférateur, la cellule se divise seulement en deux parts; cette division est une variété de la segmentation endogène.

S'il y a plusieurs noyaux proliférateurs, il est probable que la division simultanée se produit et engendre, d'une part, autant de cellules prolifératrices qu'il y a de noyaux de cette espèce, et de l'autre, la cellule-reste contenant le ou les noyaux modifiés. En tous cas, le protoplasme appartenant à l'élément stérile, qu'il contienne un ou plusieurs noyaux, reste toujours indivis; il est libre du côté interne, jusqu'à la fin de l'évolution on le voit s'insinuer entre les cellules coloniales et, plus tard, entre les spermatozoïdes.

On le voit, l'origine du noyau-satellite ou femelle n'est plus douteuse. Il ne provient pas de l'extérieur comme le noyau-satellite des ilots plasmodiques de l'*Asellus*, mais bien de la métrocyte elle-même. C'est du reste ce que nous avons toujours pensé.

Dans notre première partie nous nous sommes demandé, sans pouvoir résoudre la question, si ce noyau dérive de la première division du noyau de la métrocyte, ou s'il appartient à une génération nucléaire postérieure.

A cela nous pouvons répondre aujourd'hui que, dans certains cas, l'un des deux premiers noyaux se transforme immédiatement en noyau-satellite; les FIG. 856 et 857 le prouvent.

Mais la question ne se résout plus avec la même évidence dans le cas des jeunes colonies où la différenciation nucléaire est plus tardive, et dont les FIG. 858 à 860 fournissent des exemples. Ces figures laissent place au doute.

Le mode remarquable de cytodierèse endogène que nous venons de décrire comme donnant lieu à une *cellule reste* trouve son analogue dans un genre de cellules bien différent des cellules testiculaires : dans les cellules géantes de la moelle des os. Comme on peut le voir dans l'intéressant mémoire de notre savant collègue, J. DENYS (1), ces cellules donnent naissance à une génération endogène de cellules-filles par caryosténose. Ces cellules-filles demeurent longtemps enfermées dans l'intérieur de la cellule-mère. Le noyau de celle-ci persiste et continue pendant un certain temps à engendrer par sténose les noyaux de nouvelles cellules-filles: il représente donc, à part cette dernière particularité, le noyau-satellite des colonies spermatiques.

Ces données sur le développement des colonies qui doivent se trans-

(1) J. DENYS : La Cellule, tome II, 2^e fascicule, 1887.

former en faisceaux de spermatozoïdes ne sont pas en complet désaccord avec celles que DE LA VALETTE S^t-GEORGE a recueillies chez l'*Ilybius fenestratus* et les lépidoptères, et publiées depuis l'apparition de notre premier fascicule (1).

Néanmoins, nous nous séparons du savant professeur de Bonn sur certains points mentionnés dans ses conclusions.

DE LA VALETTE admet que les cystes sont entourés d'une membrane formée de cellules, fait que nous avons contesté et que nous contestons encore.

Autrefois DE LA VALETTE se bornait à dire que cette membrane des cystes dérive de la juxtaposition des cellules périphériques; aujourd'hui il va plus loin. Il a vu que les cellules de la membrane cystique dérivent directement de la métrocyte, et que les deux premiers noyaux de celle-ci sont le noyau de la première spermatocyte et le noyau de la première cellule du cyste.

Nous avons montré que telle est bien la signification des deux premiers noyaux dans certains cas, FIG. 856 et 857. Mais nous avons trouvé des métrocytes où ce fait n'est nullement évident : telles sont celles des FIG. 859 à 862; DE LA VALETTE n'a rien figuré ni décrit de semblable.

Ensuite nous avons mis en relief un fait dont DE LA VALETTE ne s'occupe pas, bien qu'il soit très intéressant au point de vue cytologique; nous avons dit que, des deux premières cellules-filles de la métrocyte, l'une contient l'autre.

Enfin nous soutenons que la membrane des colonies n'est jamais formée de plusieurs cellules. La *cellule-reste* demeure indivise dans tous les insectes que nous avons examinés. Les FIG. 4 et 9 de DE LA VALETTE (2) sont basées sur des apparences trompeuses. Les indices de limites cellulaires de sa FIG. 4 doivent s'expliquer par des plis artificiels; il en est peut-être de même pour sa FIG. 9. Nous avons eu maintes fois sous les yeux des membranes provenant de colonies crevées et dispersées; aucune ne présentait la moindre trace de limites cellulaires. Elles étaient tapissées d'une couche irrégulière de protoplasme qui, parfois, présentait l'*empreinte des cellules coloniales*; mais alors ces empreintes ne correspondaient nullement aux noyaux satellites.

(1) DE LA VALETTE S^t-GEORGE : Arch. f. mik. Anat., Bd. XXVIII, Vierte Mittheilung, et Bd. XXX, Funfte Mittheilung.

(2) DE LA VALETTE : Archiv f. mik. Anat., Bd. XXX.

C'est donc à tort, répétons-le, que cet auteur considère les cystes comme entourés d'une membrane multicellulaire; leur enveloppe est une membrane cellulaire ordinaire, la membrane de leur métrocyte. Les colonies sont contenues dans une grande cellule creuse, à plusieurs noyaux quiescents, dont le protoplasme n'est nullement limité du côté interne et touche les cellules coloniales à nu : comme le protoplasme d'une cellule quelconque touche une enclave ou une inclusion, ou comme le plasmodium des décapodes enrobe la génération de jeunes métrocytes qu'il a engendrées (1), ou encore comme le protoplasme restant d'une thèque de champignon baigne les 8 spores qui s'y sont formées par voie endogène.

Ces rapports du protoplasme de la cellule-reste avec les cellules internes nous suggèrent une remarque au sujet des figures du *Cossus*, données par DE LA VALETTE. La membrane des cystes y est complètement séparée de l'amas des cellules internes par un espace vide. Cet aspect est dû à une altération produite par le mode de préparation; nous l'obtenons chaque fois que nous employons le sérum, réactif favori du savant de Bonn.

Il est bien vrai que la membrane de la cellule-reste s'épaissit et se fortifie chez le *Cossus*, en même temps que ses noyaux s'aplatissent par l'effet de la pression interne du contenu, qui gagne en volume, comme nous l'avons dit il y a longtemps.

Il en résulte que l'enveloppe prend l'aspect de la couche périphérique d'une cellule adipeuse de vertébré, qui contiendrait plusieurs noyaux. Mais sous cette membrane il reste toujours une couche plus ou moins épaisse de protoplasme, en contact immédiat avec les cellules. Cette couche se voit nettement lorsqu'on évite le contact des liquides aqueux; ceux-ci altèrent les colonies en les gonflant et en séparant l'enveloppe du contenu.

Dans les dessins de DE LA VALETTE les cystes portent des prolongements de longueur et de forme variables; l'auteur les considère comme des dépendances d'une des cellules de la membrane des cystes. Il semble trouver dans leur présence une nouvelle preuve de la nature multicellulaire de cette enveloppe. Ces prolongements s'observent en effet, mais leur existence ne prouve pas la thèse de DE LA VALETTE. Ils sont formés ordinairement par le protoplasme de la cellule-reste à lui tout seul, FIG. 866. Mais nous avons vu parfois une ou plusieurs cellules *coloniales* y pénétrer en s'étirant, comme on le voit dans le cyste de l'*Arctia fuliginosa* représenté FIG. 867.

(1) Voir nos fig. 415, 418, 419, etc.

En examinant des coupes transversales du testicule, on découvre la raison d'être de ces prolongements. On y remarque que les cystes sont comprimés dans le sac qui les loge, et que les prolongements en question s'insinuent dans les espaces très réduits qui, çà et là, existent entre eux. Il paraît évident dès lors que les prolongements se développent sur les points où l'accroissement du cyste rencontre le moins de résistance. L'anastomose éventuelle de deux prolongements se rencontrant dans le même espace ne serait pas un fait étonnant, et fournirait la seule explication que l'on puisse donner de la figure de DE LA VALETTE.

Nous ne pouvons nous empêcher de relever encore une réflexion formulée par notre collègue allemand dans sa dernière communication. Il y insinue que nous avons présenté comme une découverte personnelle notre description de la formation des cystes, qu'il qualifie de "*vermeintliche Entdeckung*", tandis que ces faits étaient connus depuis longtemps, comme beaucoup d'autres faits de notre travail.

Ces reproches ne sont nullement justifiés.

Nous avons dit dans notre Historique ce que DE LA VALETTE et les autres auteurs avaient vu en fait de stades de la formation des cystes, et nous avons critiqué leurs résultats, comme c'était notre droit. Ensuite nous avons exposé nos recherches et présenté notre manière de voir personnelle. Nous croirions difficilement que DE LA VALETTE n'a pas lu notre exposé historique.

Notre honorable contradicteur use parfois de termes qui pourraient faire supposer à ses lecteurs que nous n'avons pas tenu compte de ses propres observations; nous n'avons cependant jamais manqué de le citer et de le critiquer aux endroits opportuns.

Nous demandons qu'on discute nos observations, et qu'on réponde à nos propres critiques, mais qu'on le fasse avec précision et netteté, plutôt que par des insinuations vagues et équivoques. Car nous ne cherchons qu'à nous éclairer au sujet des résultats obtenus par nos prédécesseurs, aussi bien que sur les problèmes encore obscurs que nous étudions nous-même.

Nous prions aussi notre savant collègue de ne pas exiger que nous renoncions à nos yeux, et que nous employons exclusivement ses méthodes qui, selon-nous, sont loin d'être irréprochables, et sont en partie la cause de l'aspect douteux et du manque de netteté de ses figures.

Pour synthétiser tout ce que nous avons dit au sujet des deux derniers modes de division dans les cellules testiculaires, résumons ce que nous savons de l'origine des colonies ou cystes.

Ces groupes de métrocytes ou de cellules spermatiques naissent toujours aux dépens d'une seule cellule-mère, dont la membrane persiste et leur sert d'enveloppe.

Ils prennent naissance soit par segmentation endogène, soit par division simultanée. Enfin les colonies de dernière génération, *mais celles-là seulement*, présentent, au moins chez certaines espèces, une variété de formation endogène dans laquelle une partie seulement de la métrocyte donne des cellules prolifératrices, tandis que l'autre donne la cellule-reste qui contient toutes les autres.

Une question se présente ici à notre esprit : la segmentation binaire proprement dite ne pourrait-elle jamais donner naissance à des colonies cohérentes? Nous n'y voyons pas d'impossibilité. Bien des œufs donnent en effet naissance par ce mode à des masses blastodermiques solides ou vésiculeuses, analogues à des colonies. Il faut remarquer cependant que dans ces œufs la membrane ovulaire intervient peut-être pour une part dans le mécanisme de l'union des cellules; tandis que rien ne pourrait jouer ce rôle à l'égard des métrocytes bi-segmentées. Néanmoins on peut concevoir que des cellules segmentées demeurent unies intimement par leur membrane primitive, surtout si elle s'est établie à l'aide d'une plaque, et que leurs cellules-filles fassent de même : ainsi naîtraient des colonies dépourvues de noyau-satellite et d'enveloppe, et analogues aux chaînes de métrocytes que nous avons figurées chez le *Lithobius*. Ces dernières ont une forme linéaire; mais il suffirait que le plan de segmentation cesse d'être parallèle dans toutes les divisions successives que subissent ces cellules, pour donner à leur ensemble la forme d'un amas globuleux. En réalité, il serait difficile de distinguer ce mode d'avec la segmentation endogène, étant donnés deux faits qu'il faut noter : 1^o la minceur parfois extrême de la membrane coloniale; et 2^o la précocité éventuelle de sa disparition. Même dans les cas de segmentation endogène évidente (*Ornithobia*) ou de division simultanée, il arrive souvent que la membrane de la métrocyte d'une colonie sans cellule-reste se résorbe de bonne heure. Il en résulte des colonies sans membrane, dont les éléments sont maintenus par leur seule cohésion ou par leur attaches réciproques.

Ces groupements ne méritent nullement le nom de *cyste* qui, d'après son étymologie, veut dire *sac*; c'est pourquoi nous avons préféré la dénomination de *colonie*, qui n'implique ni origine ni structure particulières.

2° *Genèse des métrocytes aux dépens du plasmodium chez les crustacés décapodes et stomatopodes.*

Chez ces crustacés la spermatogénèse est discontinue; les premières métrocytes de chaque saison de prolifération se forment aux dépens d'un plasmodium pariétal, FIG. 417 à 419, FIG. 590.

Ce fait de la formation de cellules aux dépens d'une masse multinucléée indivise n'appartient, à proprement parler, à aucune des trois variétés de division dont nous avons parlé.

Cependant ce mode est voisin de la segmentation avec *cellule-reste*, car il donne naissance également à des cellules prolifératrices bien individualisées et à une masse persistante à noyaux quiescents. De part et d'autre le protoplasme de la masse quiescente reste en contact immédiat avec la surface des cellules formées, il les enserre et joue sans doute le même rôle à leur égard. Comme différence entre ces deux modes il faut noter que le plasmodium restant des crustacés n'est que provisoirement quiescent, tandis que la cellule-reste l'est définitivement chez les insectes, du moins chez les lépidoptères.

On pourrait donner à ce mode le nom de *division par séparation*. Il se produit dans les acinis autant de séparations successives de substance qu'il y aura de métrocytes premières, devant fonctionner durant la saison.

3° *Genèse du spermatozoïde par simple différenciation.*

Nous avons vu chez les aranéides, les phalangides, les coléoptères, les orthoptères, les libellulides et les cirripèdes les spermatozoïdes se former à l'intérieur d'une métrocyte, bi- ou multinucléée, sans que celle-ci subisse au préalable le phénomène de la plasmodiérèse, FIG. 253 à 255 et 280 à 285 — 299 — 69 — 165 à 167 — 201 à 203 — 707 et 708.

Les noyaux de ces cellules présentent les modifications qui sont habituelles dans leur espèce, et les parties du spermatozoïde qui dérivent du protoplasme (filament axial, etc.) s'y organisent comme dans les cellules spermatiques uninucléées.

Dans les cas ordinaires le protoplasme de la dernière métrocyte se divise pour engendrer de jeunes cellules spermatiques, qui se différencient ensuite chacune en un spermatozoïde. Ici au contraire il ne se segmente pas, et c'est au sein de la masse commune et indivise de la métrocyte que se forment de toutes pièces les portions protoplasmiques de chacun des spermatozoïdes, s'attachant à chacun des noyaux.

Le phénomène de la plasmodiérèse proprement dite est donc supprimé, et le protoplasme de la métrocyte ne se trouve réparti entre les divers noyaux qu'à la suite de sa différenciation en autant de corps figurés distincts qu'il y a de noyaux.

Dans ce mode, les parties achromatiques du spermatozoïde sont formées par le cytoplasme seul, tandis que dans le cas ordinaire des cellules spermatiques uninucléées, la membrane cellulaire prend part au processus en se fusionnant avec son contenu.

A cette interprétation que nous adoptons des images semblables aux figures sus-indiquées, le lecteur pourrait nous faire l'objection suivante : est-il certain que la formation de ces sortes de cystes à spermatozoïdes ne doit pas s'expliquer par la conservation et le gonflement de la membrane de la métrocyte, à la suite d'une segmentation endogène ou d'une division simultanée? Nous nous sommes fait à nous-même cette objection au début. Mais l'existence de nombreux stades jeunes de l'évolution du noyau, dans lesquels on eût dû, si l'objection était fondée, distinguer les limites de chaque cellule spermatique à l'intérieur de l'enveloppe, est venu dissiper tous nos doutes. En effet, à aucun de ces stades, nous n'avons pu saisir la moindre trace de territoires cellulaires.

Nous avons d'ailleurs signalé, en exposant nos recherches, divers exemples montrant qu'un seul spermatozoïde s'organise parfois à l'intérieur d'une cellule uninucléée, ou cellule spermatique ordinaire, par simple différenciation; la membrane de cette cellule reste inemployée et, à la maturité, elle contient le spermatozoïde enroulé.

Un mode semblable s'observe régulièrement chez les végétaux cryptogames, par exemple les *Chara*, etc..

Mais nous devons noter que, nulle part, chez les arthropodes, le mode de genèse des spermatozoïdes par simple différenciation interne ne paraît être la règle générale. Au contraire, partout où nous l'avons observé, nous avons trouvé en même temps, et plus fréquemment, le mode ordinaire.

Cependant, il conviendrait peut-être de faire une exception en faveur des spermatozoïdes du *Polydesmus complanatus*. Nous nous sommes demandé en effet si les corps lenticulaires biconvexes, FIG. 763 à 768, qui dérivent de ce que nous prenons pour la cellule spermatique, représentent bien les spermatozoïdes achevés. Ces corps se clivent très facilement en deux lentilles concavo-convexes, FIG. 767. Or, si ce clivage survient normalement, ce sont ces deux petites cupules qui représentent les vrais spermatozoïdes. Dès lors, la suppression de la plasmodiérèse ordinaire, et même de la caryodiérèse normale, deviendrait la règle chez cet animal.

Nous sommes obligé de laisser cette question sans solution catégorique, tout en penchant vers cette dernière manière de voir.

C'est ici le lieu de placer une réflexion au sujet de la manière de voir de KÖLLIKER sur la formation du spermatozoïde. Il nous paraît évident que les observations du savant biologiste ont dû porter sur des objets semblables à ceux de nos figures 69, 708 et surtout 68, où l'on voit, contenus dans une membrane cellulaire, des spermatozoïdes enroulés et dont la queue n'est formée que par le seul fil axial. Ce sont là des cas de cytogénèse par simple différenciation. Mais, nous l'avons déjà fait remarquer (1), ces images sont de nature à expliquer comment KÖLLIKER a pu considérer le spermatozoïde comme un produit du noyau seul. Le fil axial pouvait passer pour un prolongement du noyau auquel il est fixé, à une époque où l'on n'avait pas encore reconnu son origine protoplasmique. Mais, nous l'avons dit, ces cas sont exceptionnels; en règle générale la queue non seulement ne dérive pas du noyau, mais ne dérive même pas du fil axial seul; elle provient de la fusion du fil axial, du cytoplasme restant et de la membrane cellulaire à la fois, fait que DE LA VALETTE St-GEORGE n'a pas plus signalé que KÖLLIKER.

4° *Genèse particulière des cellules-spermatozoïdes des isopodes.*

Ce mode remarquable et compliqué comprend, ainsi que nous l'avons vu, les phénomènes suivants :

1° La naissance des cellules spermatique par segmentation binaire.

2° La fusion de ces jeunes cellules entre elles et avec le plasmodium pariétal.

3° La partition du plasmodium général en ilots correspondant aux faisceaux.

4° La partition de ces ilots en autant de portions qu'il contient de noyaux de cellules spermatiques, pour former les spermatozoïdes.

Ce dernier phénomène est très intéressant; c'est encore un cas de cytogénèse sans plasmodiérèse proprement dite. Toute la portion postérieure du spermatozoïde s'y forme par simple différenciation au sein du protoplasme indivis; mais sa portion antérieure, due à l'étirement d'une protubérance contenant un noyau dont le flagellum nucléinien se déroule, a plutôt une origine exogène; la membrane excessivement mince des ilots recouvre en effet cette partie. Ce caractère exogène est surtout marqué chez l'*Asellus*, FIG. 331 à 335, 394, 395, 385, 386.

(1) Voir 2^{me} Mémoire, p. 200.

Ce mode diffère par deux particularités de la genèse par simple différenciation, ce sont : 1° la nature plasmodique de la masse de protoplasme où la hampe se différencie et, 2° le caractère exogène de la formation de la portion antérieure. C'est donc, peut-on dire, un cas de cytogénèse en partie endogène par simple différenciation, et en partie exogène (1).

Ces divers cas particuliers de cytogénèse donnent une faible idée des variations presque infinies que peuvent présenter la division et la multiplication cellulaires.

5° Genèse anticipée de certains détails des spermatozoïdes dans les métrocytes.

Les métrocytes du *Lithobius forficatus* nous ont fait connaître de curieux exemples de la variété que peut présenter le phénomène de la plasmodiérèse en lui-même et dans ses rapports avec la caryodiérèse. Rappelons-nous en particulier ces métrocytes émettant deux ou quatre

(1) En 1881 nous avons publié la première partie de nos observations sur les édriophthalmes, en avertissant le lecteur de leur état encore rudimentaire (voir p. 140.)

En 1886, M. TERFVE, docteur de l'université de Liège, présentait au concours pour les bourses de voyage, établi par l'État Belge, un mémoire sur l'*Asellus aquaticus*, objet que nous avons déjà traité dans le premier fascicule de ce livre.

Nous venons de prendre connaissance de ce mémoire, qui a été jugé digne d'être imprimé aux frais du gouvernement.

L'auteur affirme dans son introduction qu'il n'a jamais rien vu qui rappelât, ni de près ni de loin, les objets sur lesquels sont basées nos conclusions, et en outre que nous ne mentionnons aucune des images qu'il décrit.

Nous affirmons le contraire.

M. TERFVE a vu et figuré plusieurs images analogues à celles que nous avons représentées.

Citons ses figures 10, 11, 12 PL. I; 10 PL. II; 1 PL. III; elles correspondent toutes à notre figure 335.

De plus, ses figures 2, 3, 4 et 6 PL. III, sont des stades correspondant à peu près à nos figure 333 et 334.

Enfin ses figures 2, 4, 5, 6, 8 et 9 PL. II; et 7 PL. III, qui ont rapport aux phénomènes internes du noyau, représentent le déroulement du filament nucléinien, comme le font, un peu mieux peut-être, nos figures 333 et 334. Car les figures de M^r TERFVE ont été prises sur des objets mal préparés et très superficiellement étudiés.

La description qui les accompagne est aussi très incomplète et dépourvue d'interprétation cytologique. Nos figures 331 à 335 en disent plus que ce mémoire sur l'évolution des îlots du plasmodium et la formation des spermatozoïdes. Ajoutons que cette description contient des erreurs; ainsi les corps qu'il regarde comme des cellules sur sa figure 1 PL. I, ne sont que de simples noyaux!

Mais voici qui est plus fort encore!

Le point le plus important de ce travail c'est le déroulement du filament nucléinien qui sort du noyau pour former le flagellum. Or, nous avons décrit ce phénomène en entier, en insistant sur les détails, et nous l'avons représenté dans nos figures 333 et 334 chez l'*Asellus*; 321, 322, 323 et 324 chez l'*Oniscus*! Nous y avons même décrit plusieurs variations dans la formation du flagellum.

prolongements qui, tout en s'allongeant par leur extrémité, entament progressivement par leur base le corps de la cellule et finissent par le traverser complètement. La division du protoplasme se fait alors par un mode particulier d'étranglement, et sans plaque cellulaire. Les FIG. 10 à 19 représentent différents exemples de ce mode.

Tandis que ces prolongements se développent, le noyau se divise et pour chaque prolongement il se forme un nucléole-noyau; la membrane nucléaire ne se reforme que très rarement, et dans ce cas doit se détruire, FIG. 16 et 17.

Ces prolongements représentent autant de cellules-spermatozoïdes en voie de s'individualiser avant la partition de la métrocyte en cellules spermatiques. Ce n'est point tout; le protoplasme de ces prolongements

Enfin l'une des thèses de M. TERFVE est tout simplement tirée de notre livre; la voici en regard du texte qui lui correspond :

1884.

G. GILSON : *Étude comparée de la Spermatogénèse des Arthropodes*. La Cellule, t. 1, p. 159 et 160.

« Il résulte de nos observations que les deux « formes de spermatozoïdes signalées (par ZENKER) « chez l'*Asellus aquaticus*, ne sont que les deux « parties des vrais spermatozoïdes, savoir : les « hampes et les flagellums, c'est-à-dire les queues « et les têtes. Il est donc inexact de ranger cet « isopode parmi les animaux qui possèdent deux « sortes de spermatozoïdes; à notre connaissance « la *Paludina vivipara* est le seul animal qui « présente cette particularité. »

(Tout cela est longuement commenté aux p. 23, 159 et 160).

1885-86.

O. TERFVE : *Recherches sur la Spermatogénèse chez Asellus aquaticus*, p. 26.

« On rencontre parfois deux sortes de zoo- « spermes chez une seule et même espèce animale, « mais il n'en est pas ainsi chez l'aselle, contrai- « rement à l'affirmation de ZENKER. »

Néanmoins M. TERFVE présente toutes ces découvertes comme des fleurs de son jardin !

Il confesse, il est vrai, dans son introduction, qu'il n'a pas compris notre texte.

C'est commode !

Ce n'en est pas moins étrange, car quiconque sait ce qu'on appelle noyau, protoplasme et vert de méthyle serait à même de comprendre.

D'ailleurs nos figures, avec leur texte explicatif, jointes à celles que nous donnons des autres isopodes, font justice de cette allégation.

Nous n'avons été que trop bien compris!...

Ajoutons que notre second fascicule, publié avant le travail de M. TERFVE, met à néant les considérations que lui suggèrent toutes les coupes transversales représentées dans ses figures 1, PL. II et 8 à 18, PL. III. Il établit d'autre part que notre première description contient sans erreur tout ce que pouvait nous apprendre notre première méthode de préparation, c'est-à-dire la dissociation.

Devant ces faits nous estimons tout commentaire inutile. M. TERFVE a dû être fort mal conseillé.

subit parfois des différenciations internes sans que la séparation se soit achevée. Ainsi on trouve des métrocytes encore uninucléées portant des prolongements dans lesquels le fil axial est déjà en voie de formation, FIG. 10, 11 et 14. Et plus tard, dans des métrocytes bi- ou quadrinucléées, nous avons constaté en outre la formation de la spirale pariétale, FIG. 15.

Personne, pensons-nous, n'avait signalé jusqu'ici des phénomènes de différenciation anticipée au sein des métrocytes, car le travail de BIONDI (1) qui décrit des faits du même ordre chez des mammifères, est postérieur d'un an au nôtre (2).

Ces faits rappellent ceux de *la genèse par simple différenciation*; ils n'en diffèrent que par un point : le caractère exclusivement exogène de la partition de la métrocyte.

Nous n'avons pas observé ces particularités chez la *Scolopendra dalmatica*, mais nous ne prétendons nullement qu'elles ne s'y produisent jamais. PRENANT ne les a pas signalées catégoriquement dans le *Scolopendra morsitans* (3); cependant il parle, avec hésitation toutefois, de certains rudiments ressemblant au fil axial et à la spirale, qui se produisent dans les prolongements de certaines métrocytes. Nous ferons quelques remarques au sujet des passages de cet auteur qui ont trait aux particularités de la genèse anticipée dont nous parlons.

1° Tout d'abord PRENANT nous fait considérer ces phénomènes comme « l'un des modes normaux » de la production des spermatozoïdes

Notons que nous avons dit en toutes lettres que les figures auxquelles PRENANT fait allusion sont « des cas exceptionnels », p. 47, expressions que l'auteur ne semble pas avoir remarquées. Les cellules à quatre nucléoles-noyaux portant quatre prolongements, se sont surtout présentées à nos yeux, FIG 12 et 13. PRENANT les considère comme aberrantes; il nous permettra d'être d'un avis opposé. Nos recherches sur la spermatogénèse nous ont révélé tant de variations dans tous les phénomènes que nous ne croyons plus à la fixité des détails. La cellule est soumise dans de larges limites aux influences extérieures, et la variété qui en résulte est à nos yeux normale. Elle peut être normale, tout en étant exceptionnelle, et nous ne regardons comme tératologique ou aberrant que ce qui est incapable de donner lieu au résultat régulier du processus biologique.

(1) BIONDI : *Die Entwicklung der Spermatozoïden*; Arch. f. mik. Anat., Bd. XXV, H. 4, 1885.

(2) Notre premier Mémoire a paru en novembre, 1884.

(3) A. PRENANT : *Observations cytologiques sur les éléments séminaux de la scolopendre, etc.*; La Cellule, t. III, 3^e fascicule.

2° Ensuite l'auteur considère « comme singulier que la scolopendre » produise ses spermatozoïdes de la façon habituelle, tandis que la lithobie aurait une spermatogénèse, du moins le plus souvent différente. »

Les variations de la genèse de la cellule-spermatozoïde ne sont que des cas particuliers de la cytodierèse. Mais un caractère très important, et dont PRENANT ne s'occupe pas, sépare la spermatogénèse de la lithobie de celle de la scolopendre; c'est le sort du noyau. Chez la lithobie la membrane du nucléole-noyau disparaît, les corpuscules nucléiniens se dispersent dans le cytoplasme et deviennent invisibles; tandis que dans la scolopendre la membrane ne disparaît pas et le noyau, qui est d'ailleurs un noyau ordinaire et non un nucléole-noyau, subit des modifications profondes et passe à l'état de cylindre effilé et spiralé. La spermatogénèse de la lithobie n'est donc pas souvent seulement, mais toujours notablement différente de celle de la scolopendre.

3° PRENANT fait ensuite allusion au travail de WIELOWIEJSKI et aux remarques que cet auteur émet au sujet des cellules multinucléées, remarques dont nous avons parlé plus haut, p. 20. Il s'appuie sur ces remarques pour mettre en doute l'existence des métrocytes réellement indivises et quadri-nucléées. Mais ce rapprochement avec les objets étudiés par WIELOWIEJSKI tombe à faux, car ce dernier ne parle que d'une variété de cytodierèse qui est toujours endogène, — soit la segmentation endogène de CARNOY, soit la division simultanée —, tandis que les cellules bi- et quadri-nucléées du *Lithobius* subissent un mode particulier de segmentation exogène.

L'indivision primitive de ces métrocytes, dont PRENANT voudrait douter, nous la regardons comme un fait positif, indubitable, défiant toute contradiction. Les objets bien fixés et tout à fait démonstratifs qui sont représentés dans nos FIG. 12 et 13 PL. I, rendent tout doute impossible.

6° *Phénomènes particuliers qui signalent la première étape chez certains animaux.*

Sous ce titre nous plaçons quelques considérations sur les points suivants : *a)* la formation du plasmodium pariétal proliférateur des crustacés décapodes et stomatopodes; *b)* les phénomènes de fusion plasmodique des édriophthalmes; *c)* l'apparition et la signification du noyau-satellite et de la masse plasmatique qui l'accompagne.

A. *Plasmodium proliférateur des décapodes et des stomatopodes.*

Nous avons admis, d'après l'assertion de GROBBEN et d'après les indications que nous avons recueillies personnellement, que ce plasmodium prend naissance par la fusion des cellules épithéliales qui tapissent les acinis testiculaires dans le jeune âge. Il représente un élément de réserve produisant des cellules prolifératrices au début de chaque saison spermatogénétique, au même titre que les amas de métrocytes quiescentes que l'on observe chez d'autres animaux; il fonctionne comme eux, mais il en diffère par l'indivision de sa masse protoplasmatique.

Cette fusion des premières générations de métrocytes en un plasmodium constitue chez ces crustacés le trait caractéristique de la première étape; celle-ci n'y possède aucun autre caractère spécial, et ne présente au surplus que les phénomènes très simples de la segmentation binaire.

Notons que le plasmodium est à l'état quiescent pendant la période de prolifération les métrocytes, qu'il enserre comme d'un manteau.

Nous avons déjà dit qu'il est en contact immédiat avec ces métrocytes, comme le protoplasme de la cellule-reste avec les cellules coloniales. On peut conclure avec vraisemblance de cette identité de rapports à l'identité de fonction de ces deux productions à noyaux quiescents. Nous reviendrons sur ce point dans nos conclusions.

B. *Fusion plasmodique des édriophthalmes.*

Le plasmodium que l'on observe chez les crustacés édriophthalmes n'a pas la même signification que celui des décapodes et des stomatopodes; il n'a nullement pour fonction de produire des cellules prolifératrices. Chez l'*Asellus* il n'apparaît qu'à la fin de la première étape.

Rappelons les données que nous avons recueillies sur cette production chez l'*Asellus*, les *Oniscus* et le *Gammarus*.

Nous avons vu chez l'*Asellus aquaticus* les grandes cellules qui tapissent la portion supérieure des cæcums se fusionner latéralement les unes avec les autres, de telle sorte que la couche épithéliale qu'elles constituaient est transformée en une couche indivise de protoplasme contenant de gros noyaux, c'est-à-dire en un plasmodium pariétal.

Presque en même temps les cellules-mères et les cellules spermatiques, qui se trouvent dans la lumière du cæcum, commencent à se fusionner entre elles et avec le plasmodium pariétal. Il en résulte que le tube, à ce mo-

ment, contient un plasmodium général, renfermant deux sortes de noyaux : les gros noyaux pariétaux et les petits noyaux spermatiques.

Bientôt cette masse plasmodique se divise, superficiellement du moins, en autant, ou presque autant d'ilots qu'il y a de noyaux pariétaux ; chacun de ces ilots doit devenir un faisceau de spermatozoïdes.

Chez l'*Oniscus dilatatus* nous n'avons pas élucidé la question de l'origine du plasmodium pariétal ; il est très probable qu'il est produit par la fusion des premières métrocytes embryonnaires. Il diffère de celui de l'*Asellus* par deux particularités : la forme, l'aspect et le nombre immense de ses noyaux, ensuite la permanence de son indivision (1) ; mais son fonctionnement est le même.

Enfin chez les *Gammarus locusta* et *pulex*, parmi les amphipodes, ce plasmodium est permanent comme chez les oniscides, mais il s'en distingue par l'aspect de ses noyaux qui sont assez semblables à ceux de l'*Asellus*. Nous avons vu que la partie postérieure des cellules spermatiques déjà étirées s'engage assez tardivement dans cette couche plasmodique.

Tous ces phénomènes de fusion, si marqués surtout chez les isopodes, sont probablement en rapport, avons-nous dit, avec la formation du filament achromatique, queue ou hampe des spermatozoïdes. Cette hypothèse est actuellement la seule qui puisse expliquer ces particularités remarquables et qui paraissent caractéristiques pour les édriophthalmes ; nous avons donné la liste des espèces où nous les avons observées (2).

Mais il existe, en dehors des arthropodes, des êtres qui présentent des faits analogues, non encore élucidés et sur lesquels les résultats obtenus chez les édriophthalmes pourraient bien jeter quelque lumière. Nous nous réservons d'en traiter plus tard.

3° *L'apparition et la signification du noyau-satellite et de la masse de protoplasme qui l'accompagne.*

De nos observations et de celles de plusieurs de nos prédécesseurs, il ressort un fait qui échappe au doute : c'est que, chez certains animaux dont les spermatozoïdes se forment en faisceaux, on trouve à côté de ces éléments une certaine quantité de protoplasme ordinaire, contenant un ou plusieurs noyaux.

(1) Voir 1^{er} Mémoire, p. 143, et 2^e Mémoire, p. 109.

(2) Voir 2^e Mémoire, p. 112.

Nous avons dit plus haut ce que nous savons aujourd'hui de l'origine de ces éléments satellites chez les insectes.

Leur présence à côté des spermatozoïdes était bien faite pour exciter la curiosité des naturalistes et pour exercer leur sagacité. Chacun s'est demandé quels pouvaient être le rôle et la signification de ce protoplasme et de ces noyaux.

En réponse à cette question, le professeur SEDGWICK-MINOT de Boston a émis une théorie ingénieuse et vraiment séduisante à l'époque où elle parut, basée sur les données récemment acquises au sujet des globules polaires et de la spermatogénèse. Il crut pouvoir considérer d'une part les noyaux satellites comme étant l'élément femelle du noyau primitif de la métrocyte qui leur donne naissance, les noyaux spermatiques en représentant l'élément mâle; et d'autre part les globules polaires comme étant l'élément mâle de l'œuf dont le noyau définitif représenterait l'élément femelle.

Selon cette interprétation des faits, tout noyau et, par suite, toute cellule est hermaphrodite.

Cette théorie du sexe des cellules, étant donnée la somme des faits que l'on possédait à cette époque, s'imposait presque à l'esprit, et n'eût été le scepticisme délibéré dont le naturaliste ne peut jamais se départir, surtout à l'égard des théories, même les mieux fondées en apparence, nous pensons qu'elle eût été universellement admise.

Mais depuis cette époque la science a progressé notablement, et de nouveaux faits sont venu démontrer que c'est avec raison que nous nous demandions, dès 1884, si les phénomènes qui nous occupent ne sont pas susceptibles d'une autre interprétation (1).

Ajoutons que le professeur MINOT lui-même se s'est jamais exagéré l'importance ni la valeur de sa théorie, comme le prouvent ses propres paroles: - En terminant, dit-il, il est bon de répéter que cette conception du sexe avancée ici, n'est qu'une hypothèse que de nouvelles recherches peuvent faire rejeter » (2).

Voici quelques considérations qui, selon nous, ébranlent fortement la théorie générale de S. MINOT, en ce qui concerne les cellules testiculaires, les seules dont nous ayons à nous occuper ici.

(1) Voir p. 36 du 1^{er} Mémoire.

(2) CH. SEDGWICK-MINOT : *Journal de Micrographie*, T. 5, 1881, p. 76 (février).

Nous avons établi par les recherches nouvelles exposées plus haut que dans certains cas l'élément satellite, ou femelle, doit son origine à l'un des deux premiers noyaux formés dans la métrocyte. Ce fait est favorable à la théorie de MINOT. Mais il n'en est plus de même des faits suivants :

1° L'existence du noyau femelle est loin d'être générale. Les myriapodes, les arachnides et les crustacés, au moins tous ceux que nous avons étudiés, n'en possèdent pas. Les insectes seuls, parmi les arthropodes, en sont munis. En somme les types animaux qui le possèdent sont moins nombreux que ceux qui en sont dépourvus.

2° Il est encore un autre fait qui permet de se demander si le rôle et la signification de ce prétendu noyau femelle n'est pas tout autre. C'est l'existence dans certains animaux d'un ou de plusieurs noyaux accompagnés de protoplasme, qui sont satellites des spermatozoïdes comme chez les insectes, mais qui, loin de dériver du noyau d'une métrocyte commune, n'ont qu'une parenté lointaine avec les cellules spermatiques et viennent du dehors.

Tels sont les noyaux pariétaux de l'*Asellus aquaticus*, qui, après la fusion plasmodique, se fixent aux faisceaux au point de n'en être pas séparés par la dissociation sur le porte-objets (voir nos FIG. 331 à 333), et figurent exactement le noyau femelle des insectes.

Les noyaux plasmodiques des oniscides ne peuvent avoir une signification différente. Il en est de même de ceux des amphipodes, FIG. 413.

Tel est encore le cas des vertébrés; si l'on en croit certains auteurs⁽¹⁾, le noyau-satellite des faisceaux y aurait également une origine indépendante.

S'il en est ainsi, on doit se demander s'il est encore permis d'assigner au noyau-satellite des insectes une signification différente de celle des éléments que nous venons de citer, et qui affectent les mêmes rapports vis-à-vis des spermatozoïdes, tout en ayant une autre origine.

Pour notre part, nous pensons que le rôle des uns comme des autres est sans rapport direct avec la sexualité.

La chose n'a pas besoin de démonstration pour ce qui concerne le protoplasme et les noyaux-satellites venus de l'extérieur. Pour les autres, ceux des insectes, l'analogie nous autorise à admettre qu'ils jouent le même rôle que les premiers.

⁽¹⁾ Voir l'excellent résumé historique de A. PRENANT. *Etude sur la structure du tube séminifère des mammifères*. Paris, 1887. Savy.

Rappelons d'abord les colonies issues des cellules géantes de la moelle des os, et dont nous avons déjà parlé d'après le travail de J. DENYS. Comme chez les insectes, la colonie toute entière est contenue dans une véritable cellule ayant sa membrane, son protoplasme et son noyau, et qui représente un reste de la cellule-mère. Il n'est pas nécessaire de faire remarquer que ce noyau et ce protoplasme restant ne représentent pas ici la partie mâle ou femelle de la cellule-mère. Ces éléments n'ont rien à voir avec la fonction de reproduction; ils doivent jouer un rôle identique à celui de la cellule-reste des insectes et, en général, de l'élément quiescent qui est satellite des faisceaux de spermatozoïdes chez beaucoup d'animaux. Quel est ce rôle?

Il nous paraît très naturel d'admettre qu'il est en rapport avec la fonction de nutrition.

En effet, tous ces éléments internes : cellules coloniales, cellules spermatiques ou jeunes métrocytes des insectes, aussi bien que les cellules de la moelle des os doivent être le siège d'une activité nutritive considérable. Or, ils ne peuvent se nourrir que par l'intermédiaire de la cellule-reste qui les contient. Celle-ci fait subir aux substances nutritives, qu'elle puise dans le milieu extérieur, des modifications qui les rendent plus facilement assimilables par les cellules internes auxquelles elles sont transmises. En d'autres termes, les cellules coloniales doivent trouver à l'intérieur de la cellule-reste des conditions de nutrition plus favorables que celles qu'elles rencontreraient dans le plasma ambiant, si elles y étaient plongées directement.

Le parasitisme intracellulaire nous fournit bien des exemples de cellules vivant dans des conditions semblables. Telles sont, parmi les coccidies, l'*Eimeria* et l'*Orthospora* qui, d'après SCHNEIDER et BALBIANI, passent à l'intérieur d'une cellule épithéliale de leur hôte toute leur période d'accroissement. Quand elles cessent de croître, c'est-à-dire de se nourrir activement, elles quittent leur cellule et n'acquièrent la liberté que pour entrer dans leur période d'enkystement. Il est donc clair qu'elles trouvent dans l'intérieur de leur cellule-hôte les conditions de nutrition les plus avantageuses; leur nourriture est toute préparée. N'admet-on pas, du reste, que tout parasite trouve dans son milieu normal les conditions de nutrition les mieux adaptées à son organisation? Et si les mêmes causes produisent les mêmes effets, n'est-on pas obligé d'attribuer à la cellule-reste des insectes et de la moelle des os des vertébrés le même rôle qu'à la cellule-hôte des coccidies?

La fusion des petites cellules spermatiques des isopodes avec le volumineux plasmodium pariétal est sans doute, au point de vue physiologique, un phénomène du même ordre : isolées, elles seraient peut-être incapables d'élaborer la volumineuse hampe des spermatozoïdes. Livrées à elles-mêmes dans le plasma, elles devraient absorber, assimiler; elles devraient s'accroître énormément et se différencier en une longue tige hyaline de substance très condensée. Mais en se fusionnant avec le plasmodium elles profitent du travail d'une masse protoplasmique considérable. L'indivision momentanée n'empêche pas cette masse de fabriquer autant de filaments séparés qu'il y a de noyaux spermatiques. Les faits observés par nous chez les isopodes sont très favorables à cette interprétation. On y voit les hampes s'accroître en plein plasmodium et s'étendre en son sein fort loin de l'îlot individualisé auquel elles appartiennent, FIG. 382 à 384, et, par conséquent, en dehors de la faible portion de protoplasme qui peut avoir été fournie par les petites cellules spermatiques.

P. HALLEZ⁽¹⁾ dans son récent mémoire sur le développement des dendrocœles d'eau douce, décrit un phénomène très curieux, que l'on peut rapprocher, au point de vue cyto-physiologique, de la fusion des cellules spermatiques avec le plasmodium. Nous voulons parler de la confluence des cellules vitellines avec l'œuf fécondé. La fonction de ces cellules n'est pas douteuse : elles transmettent directement à l'œuf les matériaux nutritifs élaborés par elles, et facilitent sa nutrition. Ce processus, comme celui que nous avons signalé chez les édriophthalmes, a pour effet d'unir momentanément l'activité vitale de plusieurs cellules fonctionnant dans un sens déterminé. Il va sans dire que nous n'allons pas jusqu'à identifier ces deux phénomènes, qui présentent d'ailleurs des différences notables.

Mais, pour pénétrer plus avant encore dans les arcanes de la physiologie cellulaire, recherchons à quoi sert ce prétendu noyau femelle? Que fait-il si paresseusement quiescent au sein du protoplasme de la cellule-reste ou du plasmodium? Cette question se confond avec la question du rôle général du noyau dans la cellule. Si le reste de la cellule-mère est une cellule, ce qui n'est pas douteux, et même une cellule qui a un rôle continu à jouer, il doit contenir un noyau pour la raison qui fait que la cellule en général possède un noyau. On peut être aujourd'hui assez éloigné de penser que le noyau ne joue son rôle que dans les phénomènes de la multiplication cellu-

(1) P. HALLEZ : *Embryogénie des dendrocœles d'eau douce*. Paris, 1887. Doin.

laire et de la fécondation, on peut admettre au contraire qu'il joue un rôle très important dans la fonction de nutrition, dont il constitue peut-être le centre. Parmi les faits qui plaident en faveur de cette manière de voir, il en est un dont nous avons entretenu précédemment le lecteur : c'est l'existence de noyaux volumineux chez l'*Asellus* et d'un nombre incalculable de noyaux plus petits chez l'*Oniscus dilatatus*, au sein du plasmodium pariétal, dans lequel, nous le savons, la formation des hampes nécessite un travail d'élaboration nutritive considérable.

On pourrait faire des remarques analogues au sujet de mainte autre espèce de cellules à fonctionnement actif. Citons seulement les remarquables noyaux ramifiés des glandes filières des insectes : il est frappant de constater que ces cellules qui produisent avec une rapidité prodigieuse d'énormes quantités de soie, possèdent précisément des noyaux énormes. D'autre part il est un fait qui établit une certaine relation entre la nucléine et le produit de sécrétion de ces glandes filières : c'est leur affinité pour les matières colorantes. La soie fraîchement sécrétée absorbe le vert de méthyle et surtout les carmins d'une manière aussi intense que la nucléine. Sans attacher trop d'importance à cette analogie de réactions, nous tenons à signaler ce fait qui, à notre connaissance n'a pas encore attiré l'attention des chimistes. Nous avons dit que le fil central des spermatophores des insectes présente la même propriété.

La relation entre la nucléine et les substances réfractaires, plastines chitines, etc., signalée par CARNOY (1), pourrait bien ne pas être dénuée de fondement.

KORSCHOLT (2) a trouvé des faits qui le portent également à attribuer un rôle au noyau dans la production de la chitine des rayons qui hérissent l'œuf de la *Ranatra* et de la *Nepa*.

Pour clore ces remarques, disons qu'à notre avis le noyau, appelé « *noyau femelle* » d'après la théorie de S. MINOT, mérite plutôt le nom de *noyau de la cellule nourricière*, *noyau du plasmodium nourricier*, ou simplement *noyau nourricier*. Toutefois, si l'on craignait d'anticiper sur nos connaissances positives, on pourrait fort bien l'appeler simplement *noyau-satellite*, terme qui ne préjuge rien sur ses fonctions.

(1) J. B. CARNOY : *La Cytodiérèse chez les arthropodes* : La Cellule, t. 1, p. 405 et suiv.

(2) KORSCHOLT : *Ueber einige interessante Vorgänge bei der Bildung der Insektencier*; Zeitsch. f. wiss. Zool., Bd. XLV.

RÉSUMÉ.

Présentons en un tableau général l'ensemble de nos considérations sur la première étape.

L'étude de cette étape comprend quatre points bien distincts :

1° *La Caryodiérèse.*

Elle peut être :	{	sténosique, {	de préférence dans les cellules quies- centes.	{	Fréquente dans le plasmodium des déca- podes, des stomapodes et des édriophthalmes.
					Plus rare chez les insectes, les arachnides et les myriapodes.
	{	cinétique, {	Surtout dans les éléments en prolifé- ration active.		

2° *La Plasmodiérèse.*

Par plaque, par étranglement, ou par les deux modes combinés.

3° *Rapports entre la caryodiérèse, la plasmodiérèse et la division de la membrane.*

Trois cas principaux :

1° La segmentation binaire proprement dite, ou segmentation exogène.

Elle s'observe seule chez les myriapodes, les acariens et les amphipodes.

Elle existe simultanément avec la segmentation endogène, ou la division simultanée, chez les insectes, les arachnides, les phalangides et les scorpionides.

Postérieurement à la période de la division par séparation, elle se rencontre également chez les crustacés décapodes et stomatopodes.

Il en est de même chez les isopodes avant la fusion et la genèse particulière des spermatozoïdes.

2° La segmentation endogène.

Observée chez les insectes et les arachnides.

3° La division simultanée.

Observée chez les insectes et divers arachnides.

Remarques :

- 1° Sur la genèse des colonies de dernière génération, et la cellule-reste.
- 2° Sur la cytogénèse par séparation d'avec le plasmodium : décapodes et stomatopodes.
- 3° Sur la cytogénèse par simple différenciation intérieure.
- 4° Sur la genèse particulière des cellules-spermatozoïdes des isopodes.
- 5° Sur la genèse anticipée de certains détails des spermatozoïdes dans les métrocytes.
- 6° Sur certains phénomènes particuliers et non cytogénétiques.
 - a) Formation du plasmodium pariétal proliférateur, par fusion de l'épithélium primitif des acinis chez les décapodes.
 - b) Fusion des cellules spermatiques et des dernières métrocytes avec le plasmodium résultant de la fusion des cellules pariétales en un seul plasmodium général non proliférateur : édriophthalmes, fusion précoce chez les isopodes, fusion tardive chez les amphipodes.
 - c) Apparition et signification du noyau-satellite ou femelle, et de la masse de protoplasme qui l'accompagne.

Le noyau de la cellule-reste provient de la métrocyte chez les insectes; il vient de l'extérieur chez les édriophthalmes.

Rien d'analogue chez les autres crustacés étudiés, pas plus que chez les arachnides et les myriapodes.

Deuxième étape.

Cette étape, avons-nous dit en commençant, comprend tous les phénomènes de différenciation cellulaire qui aboutissent à la formation du spermatozoïde mûr.

Si l'on jette un coup d'œil comparatif sur la longue série des espèces dans lesquelles nous avons étudié cette étape, on remarque tout d'abord que l'élément qui est le siège de ces phénomènes n'est pas le même partout. Parfois ils se passent au sein d'un protoplasme indivis, plasmodium ou cellule multinucléée; c'est ce que nous avons vu chez les isopodes, dans certains cas chez les insectes, les arachnides et les cirripèdes, dans lesquels la cellule-spermatozoïde peut s'individualiser par simple différenciation.

Mais ces exemples ne sont pas fréquents. Dans l'immense majorité des êtres le spermatozoïde se forme à l'aide d'une cellule uninucléée, préalablement individualisée par la plasmodiérèse ordinaire.

Aussi, dans la plupart des cas, y a-t-il lieu d'étudier avant tout les modifications de forme extérieure qui subit la cellule spermatique.

Dès lors, l'étude générale de la deuxième étape doit embrasser les points suivants :

- a) Le changement de forme de la cellule spermatique.
- b) Les phénomènes internes.

Ceux-ci ont pour siège, les uns le noyau, les autres la membrane.

Récapitulons l'histoire de chacun d'eux, pour autant qu'elle nous est connue dans l'embranchement des arthropodes.

I. *Changement de forme de la cellule spermatique.*

La cellule spermatique à sa naissance est ordinairement globuleuse; la spermatozoïde mûr, au contraire, revêt les formes les plus diverses. C'est assez dire que les modifications morphologiques de la cellule spermatique présentent dans la série des êtres les caractères les plus variés. Nous ne pouvons que rappeler ici les principales d'entre celles que nous avons signalées, ce sont :

1° L'élongation; 2° les modifications dues au développement spécial d'une vacuole; 3° la formation de prolongements protoplasmiques; 4° la déformation simple et faible de la cellule spermatique.

1° *Élongation.*

L'élongation de la cellule spermatique est la modification la plus fréquente, car la forme filoïde du spermatozoïde est la plus commune.

Ce phénomène est le plus prononcé chez les chilopodes; c'est sur leurs énormes cellules spermatiques qu'il est le plus facile d'en étudier le mode et d'en suivre les progrès.

Nous avons vu que l'allongement est unipolaire à ses débuts, et qu'il devient en général légèrement bipolaire à la fin.

Il présente en plus petit les mêmes caractères chez les insectes, les schizopodes, les cirripèdes, les scorpions et les aranéides.

Chez les acarïens il est moins prononcé; le spermatozoïde y est seulement fusiforme et non filoïde.

Enfin l'allongement existe encore mais à un degré très minime chez la *Glomeris marginata*; il y est bipolaire.

Rappelons une particularité que nous avons décrite chez certains insectes, en étudiant l'allongement des cellules spermatiques. Cet allonge-

ment, avons-nous vu, se fait le plus souvent dans la même direction pour toutes les cellules de la colonie. Mais dans certaines espèces, l'*Helops*, les méloïdes (et accidentellement chez un *Geotrupes*), on observe une orientation inverse dans la direction de l'étirement unipolaire que subissent les cellules appartenant à deux hémisphères opposés de la colonie. Les faisceaux de spermatozoïdes mûrs ont alors un amas de têtes à chacune de leurs extrémités et, dans les colonies plus jeunes, on voit les extrémités d'allongement de chacun des deux groupes s'étirer en sens inverse, et s'insinuer les unes entre les autres, FIG. 72 et 73.

2° *Modifications dues au développement spécial d'une vacuole.*

Nous les avons signalées chez les crustacés décapodes et les iules parmi les chilognathes.

Ces modifications y sont compliquées et variées; nous y reviendrons plus loin. La formation des crochets des locustides est un phénomène analogue.

3° *Formation de prolongements protoplasmiques.*

Des expansions de ce genre se produisent chez les crustacés décapodes où elles sont multiples et radiaires, excepté chez les carides qui n'en ont qu'un seul.

Ce phénomène peut être étudié aussi bien avec les phénomènes de la différenciation du protoplasme qu'avec la déformation de la cellule.

4° *Déformation faible.*

Elle s'observe chez les stomatopodes; la cellule spermatique de ces crustacés ne fait que se gonfler un peu en prenant une forme régulièrement sphérique:

Chez le *Polydesmus complanatus*, elle prend la forme d'une lentille biconvexe, ou peut-être concavo-convexe, FIG. 766 et 767.

Enfin chez les phalangides la cellule spermatique s'aplatit en disque, mais il n'est pas prouvé que ce soit là sa forme définitive; peut-être devient-elle filamenteuse dans la femelle (1).

II. *Phénomènes internes.*

Ils ont pour siège les uns le protoplasme, les autres le noyau.

(1) Voir 1^{re} Mémoire, p. 139.

1° NOYAU.

Les particularités que peuvent présenter les noyaux spermatiques sont les suivantes :

A. *La disparition totale.*

Nous ne l'avons observée que chez le *Lithobius*. Malgré toute notre attention et nos soins, nous n'avons pu réussir à déceler le noyau ni l'élément nucléinien, soit dans les cellules spermatiques avancées, soit dans les spermatozoïdes. Cependant nous sommes loin de penser que cet élément s'y détruit complètement; ce serait là un fait trop extraordinaire, et trop contraire à la conception actuellement reçue du mécanisme de la fécondation.

Nous pensons plutôt que la nucléine y est latente; soit qu'elle se dissolve ou qu'elle subisse une modification chimique, soit plutôt qu'elle se segmente en fragments très minimes, et qu'elle s'y trouve ainsi dans le même état que chez certaines cellules des algues ou des champignons, où le microscope ne parvient qu'à grande peine à la déceler, tandis que l'analyse chimique en constate de notables quantités. Nous ne désespérons pas d'arriver, par le perfectionnement des méthodes, à retrouver cet élément perdu.

B. *La conservation intégrale du noyau dans son état primitif.*

Un exemple remarquable de cette conservation nous est fourni par les gamasides. Le nucléole, qui a positivement la valeur d'un noyau ordinaire, comme le montrent sa genèse et sa structure, présente, à un moment donné, un élément nucléinien apparemment fragmenté. Les divers tronçons se voient généralement logés contre la membrane; le centre du noyau paraît vide: structure qui s'observe communément dans une foule d'espèces de cellules, et n'a rien de spécial à ces spermatozoïdes. Or cette structure du nucléole-noyau se retrouve sur le spermatozoïde mûr, jusque dans les organes femelles.

C. *La dissolution de la membrane et la dispersion de l'élément nucléinien dans le protoplasme.*

Ces particularités se constatent chez la *Glomeris marginata*. Comme nous l'avons dit, la nucléine fragmentée se retrouve jusqu'à la maturité. Le noyau se modifie cependant, à un moment donné il change de forme et

s'allonge un peu. Mais bientôt sa membrane disparaît, et les fragments nucléiniens peu chromophiles se dispersent au sein de la masse formée par le mélange du caryoplasme et du cytoplasme, FIG. 753 à 758.

D. *Remaniement de la structure du noyau.*

C'est de loin le mode le plus fréquent de la différenciation spermatique du noyau. Les modifications qu'il comporte intéressent à la fois son contenu et sa membrane.

1° Son contenu prend généralement une apparence homogène; modification qui peut se produire de plusieurs manières différentes.

a) Par la fusion de l'élément nucléinien. Les filaments où les bâtonnets nucléiniens paraissent entrer en coalescence, et se fondre en une seule masse solide. Cette masse est toujours plus petite que la cavité nucléaire; entre elle et la membrane il existe donc un espace vide et clair. Le peu de caryoplasme que contient d'ordinaire le noyau spermatique est englobé dans la masse nucléinienne, car on en voit rarement des traces dans l'espace vide. La masse nucléinienne se colore toujours très fortement par le vert de méthyle. Ces modifications sont surtout fréquentes chez les insectes, — excepté les locustides où nous ne les avons pas observées, et les libellulides où les choses se passent autrement, comme nous le verrons bientôt, — chez plusieurs aranéides, *Tegenaria*, *Clubiona*, les phalangides, les scorpionides; chez les crustacés stomatopodes, schizopodes et cirripèdes, et probablement chez les polydesmides. Il se produit aussi chez l'*Asellus aquaticus*.

La masse nucléinienne se modifie ensuite, s'étire, s'aplatit ou s'arrondit de manière à revêtir la forme définitive du noyau du spermatozoïde.

b) Par dissolution de la nucléine dans le liquide nucléaire.

Dans ce cas on remarque que le noyau tout entier commence à se colorer par le vert de méthyle; cependant au début on y aperçoit encore des tronçons ou des fragments nucléiniens. Plus tard, la coloration générale que lui donne ce réactif se fonce, comme si la dissolution de la substance chromophile était poussée plus loin et, à un moment donné, les bâtonnets disparaissent et le noyau semble rempli d'un liquide chromophile homogène. Ce contenu se colore toujours moins intensément que les masses nucléiniennes dont nous avons parlé plus haut.

Ce cas s'observe çà et là chez tous les insectes; il est normal chez les locustides, chez la *Scolopendra dalmatica*, chez certains arachnides (*Tege-*

naria atrica) et chez les décapodes en général. Nous l'avons signalé aussi dans certains cas chez l'*Oniscus* et l'*Asellus*.

Parfois la substance nucléinienne paraît se condenser ultérieurement et reformer une masse solide isolée. Nous pensons que ce phénomène se produit entre autres chez la *Tegenaria atrica*; mais on conçoit qu'il est difficile d'acquiescer la certitude à ce sujet, les deux modes pouvant se produire côte à côte. Néanmoins l'existence de vacuoles dans ces noyaux, fait que nous avons signalé à diverses reprises, plaide aussi en faveur de cette rétraction. Toutefois nous pensons que le plus souvent elle ne se produit pas. On voit en effet ces noyaux, apparemment homogènes et remplis, subir des changements de forme et revêtir sans rétraction interne la forme adulte. C'est ce qu'on remarque avec la plus grande facilité chez les locustides. Cependant le contenu liquide du noyau doit toujours subir une condensation pour arriver à maturité, et se réduire au volume d'ordinaire plus faible du noyau du spermatozoïde.

Il y a sans doute alors une rétraction générale, non seulement du contenu, mais encore de la membrane elle-même. Ces noyaux d'apparence homogène se comportent comme la masse nucléinienne rétractée du mode par coalescence : ils s'allongent en fuseau, puis en bâtonnet ou en filament chez les espèces à spermatozoïde filoïde. Dans la *Scolopendra dalmatica* l'évolution du noyau se complique d'un phénomène de torsion sur l'axe d'allongement. Enfin chez les crustacés décapodes il prend des formes variées : cupule, lentille, disque, fuseau, etc..

c) Par le déroulement du filament nucléinien.

Nous avons signalé ce phénomène chez la *Libellula depressa*, la *Tetraghnatha extensa* et les isopodes.

Chez ces animaux l'élément nucléinien, loin de se diviser en petits fragments, comme il arrive souvent, s'organise au contraire en un seul filament qui paraît s'épaissir et se raccourcir un peu, puis se déroule, devient rectiligne et prend une apparence homogène. Rappelons cependant que la fusion et la dissolution s'observent aussi chez les isopodes, FIG. 319.

2° La membrane du noyau se comporte de diverses manières. Tout d'abord, dans le cas de dissolution apparente de l'élément nucléinien, elle suit toutes les déformations que subit le noyau et demeure distincte pendant longtemps. Néanmoins, elle finit par n'être plus reconnaissable sur le frais; non qu'elle se résorbe, mais parce qu'elle se confond avec la masse nucléinienne condensée qui a sans doute la même réfringence qu'elle. Pour

en démontrer la persistance il faut traiter les spermatozoïdes par une solution alcaline ou par un acide fort qui enlèvent la nucléine. On peut constater alors l'existence de la membrane qui demeure à vide.

Lorsque l'élément nucléinien se fusionne, il arrive souvent que la membrane s'efface peu de temps après la coalescence des fragments; d'autres fois on voit l'espace vide se réduire puis disparaître, si bien que la membrane s'applique intimement contre la masse nucléinienne rétractée, et cesse d'être visible sur le frais comme dans le cas de dissolution.

Enfin elle s'évanouit souvent de bonne heure: cela se présente lorsque l'élément nucléinien ne se dissout ni ne se fusionne, mais se déroule en filament, ainsi que nous l'avons constaté chez la *Libellula* et la *Tegenaria*. Cependant, chez les isopodes, le déroulement se fait souvent à l'intérieur de la membrane nucléaire, qui apparaît alors sous la forme d'une vésicule piriforme d'où sort le filament chromatique.

Remarques.

1° A propos de la coalescence et de la dissolution de l'élément nucléinien dans la tête du spermatozoïde, nous nous sommes constamment servi, le lecteur l'aura remarqué, du terme - apparemment homogène. - Nous ne voulons en effet nullement prétendre que cet élément y perd sa forme figurée; celle-ci pourrait bien n'y être que dissimulée, comme dans le nucléole des œufs, à cause du gonflement ou du tassement des anses, ainsi que le croit PFITZNER.

2° Quelles que soient les particularités que présente l'évolution de son contenu et de sa membrane, le noyau subit ordinairement un changement de forme.

Il peut s'allonger; c'est le cas de tous les spermatozoïdes filiformes : insectes, aranéides, scorpionides, *Scolopendra*, *Blaniulus*, schizopodes, cirripèdes, édriophthalmes, et de plusieurs autres formes, *Pagurus callidus* et *striatus*, *Eupagurus Prideauxii*. Chez les gamasides il devient fusiforme en s'incrétant, mais le nucléole-noyau demeure intact.

Il peut s'aplatir : cela se voit chez les carides et les iules.

Il devient cupuliforme chez beaucoup de décapodes et, peut-être, chez le *Polydesmus complanatus*.

Enfin il peut prendre bien d'autres formes n'appartenant pas à ces catégories et moins caractéristiques, exemples : *Clibanarius misanthropus*, *Paguristes maculatus*, *Galathaea*.

3° Rappelons que le nucléole-noyau d'une espèce de gamaside que nous avons trouvée sur le *Necrophorus germanicus* présente la particularité remarquable de sortir à demi de la cellule, en perforant la membrane.

4° Dans son récent travail sur la blatte, DE LA VALETTE S^t GEORGE s'attache fort peu à l'étude des phénomènes intimes dont le contenu du noyau des cellules spermatiques devient le siège pour se transformer en tête. Il est vrai que sa méthode favorite, l'emploi du sérum iodé et additionné de violet de dahlia, rend cette étude impossible. L'emploi exclusif de cette méthode explique comment DE LA VALETTE peut affirmer que la tête qui dérive du noyau s'évanouit (1) plus tard. L'application du vert de méthyle lui eût démontré le contraire. Nous reviendrons sur ce détail dans nos conclusions.

L'usage du même réactif lui eût aussi permis de reconnaître la véritable nature de ce qu'il appelle le nucléole; ce corps est un amas formé par l'élément nucléinien fusionné souvent appliqué contre la membrane, et non un simple épaissement de celle-ci, comme il le voudrait.

2° PROTOPLASME.

La différenciation du protoplasme des éléments spermatiques est très variée. Tantôt elle est assez légère; c'est ce qu'on observe chez la *Glomeris* et les gamasides, par exemple. D'autres fois elle est au contraire très profonde; tel est le cas de la plupart des animaux. Nous allons récapituler brièvement les diverses particularités de cette différenciation, qui a été décrite longuement dans la première partie.

A. Différenciation légère.

Chez la *Glomeris marginata* cette différenciation est presque nulle; le protoplasme y devient seulement plus clair et plus granuleux, FIG. 758.

On peut citer, en dehors des arthropodes, mainte espèce de nématodes dont le cytoplasme n'est nullement différencié.

B. Disparition apparente du protoplasme.

Certains spermatozoïdes paraissent formés par le noyau tout seul; on pourrait les croire complètement dépourvus de substance protoplasmatique. Tels sont les spermatozoïdes du *Polydesmus complanatus* et du *Phalan-*

(1) Voir plus loin.

gium observés chez le mâle. Apparence trompeuse toutefois. Colorés par le vert de méthyle appliqué sur le frais, ils montrent toujours une zone, très mince il est vrai, de substance hyaline achromatique autour du noyau coloré. Cette zone n'est pas plus épaisse qu'une membrane, mais elle représente à elle seule tout le protoplasme de la cellule spermatique; une étude suivie le démontre avec évidence et facilité, aucune partie de la cellule spermatique n'est expulsée. Si peu abondante que soit cette substance hyaline, sa présence dénote donc que le spermatozoïde est une cellule, et non un simple noyau comme l'exigerait la théorie de KÖLLIKER. Le cytoplasme, déjà peu riche dans ces espèces, doit nécessairement se réduire à presque rien en passant à l'état de substance hyaline plus condensée.

Un phénomène semblable se passe chez les squilles. A la maturité la cellule-spermatozoïde possède une épaisse membrane qui représente à la fois la membrane cellulaire, le cytoplasme tout entier et la paroi nucléaire intimement fusionnés. Nous avons suivi la marche de ce phénomène concomittant du gonflement que subit le noyau. Du caryoplasme il persiste souvent des cordons ou des lambeaux, mais d'autres fois il disparaît aussi et le spermatozoïde semble ne contenir qu'un liquide assez réfringent et un nodule nucléinien proéminent à l'intérieur, FIG. 676 à 684.

B. *Développement spécial d'une vacuole du cytoplasme.*

La formation d'une vacuole spéciale paraît de règle chez les crustacés décapodes, excepté chez les carides.

Rappelons que cette vacuole possède, surtout lorsqu'elle est bien développée, une très mince membrane, comme beaucoup de vacuoles ordinaires d'ailleurs en possèdent (1).

Elle s'accroît apparemment sous l'influence d'une pression osmotique (2). En même temps le cytoplasme disparaît et bientôt la membrane de la vacuole et la membrane cellulaire se rencontrent et se soudent. En d'autres points la membrane vacuolaire rencontre la membrane nucléaire et s'y soude également; enfin, au pôle externe du noyau, le même phénomène se passe entre la membrane nucléaire et la membrane cellulaire : voir les figures PL. XII et XIII. Alors, tandis que la vésicule continue à se dilater,

(1) J. B. CARNOY : *Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 232 et suiv ; — et H. DE VRIES : *Plasmolitische Studien üb. d. Wand d. Vacuolen*; Pringsh. Jahrb., Bd. XVI.

(2) Voir 2^e Mémoire, p. 141, *Remarques*.

ses parois deviennent en certains points le siège de nouvelles particularités : une perforation se produit à son sommet, et une petite tige se développe sur sa portion inférieure qui est adhérente au noyau. Au voisinage de cette perforation, on constate souvent un dédoublement de la paroi vacuolaire en deux feuillets ; parfois le feuillet interne seul se perfore, et figure alors une coupe intérieure plus ou moins développée.

Tous ces détails varient d'une espèce à l'autre.

Des phénomènes semblables se passent chez les iules ; toutefois la perforation ne s'y produit pas, FIG. 769 à 776.

Les crochets du spermatozoïde des locustides s'élaborent par un mécanisme du même genre. Rappelons que chez ces insectes il se forme aussi une vacuole soudée au noyau. Celui-ci, après s'être allongé, s'aplatit en même temps que la vacuole, dans laquelle il envoie un prolongement médian qui la sépare en deux compartiments latéraux. Ces derniers deviennent saillants à l'extérieur et forment les crochets, pendant que leur cavité se rétrécit et finit par se réduire à une simple fente. Contrairement à ce qui se passe chez les décapodes et chez les iules, la cavité de la vacuole finit ici par s'oblitérer.

D) *Rebords circulaires des iules.*

Chaque spermatozoïde en forme de chapeau de ces chilognathes porte deux visières superposées, qui paraissent être de simples bourrelets du cytoplasme.

E) *Prolongements filamenteux.*

Ils s'observent chez les décapodes.

Les carides n'en possèdent qu'un seul ; il est hyalin et rigide, c'est un véritable piquant s'élevant du centre de l'une des faces du corps qui est lenticulaire.

Les autres décapodes en possèdent deux, trois ou un plus grand nombre. Ils sont insérés sur le pourtour de la lentille ou de la cupule nucléaire, et sont parfois unis entre eux à leur base par une membrane formant collerette, comme chez l'*Astacus*. Fixés par les réactifs ils sont toujours plus ou moins festonnés et irréguliers, mais examinés sur le frais ils sont souvent rectilignes et présentent l'aspect raide et tendu des suçoirs des acinètes. GROBBEN les a bien représentés dans cet état.

Les uns comme les autres apparaissent sous la forme de protubérances émises par le cytoplasme.

F) *Queue sans fil axial.*

D'une manière générale, on appelle queue la longue portion achromatique des spermatozoïdes filamenteux. Dans certaines espèces ce n'est qu'un simple prolongement de la cellule qui s'étire toute entière. La membrane de la cellule concourt alors toujours à sa formation, mais elle cesse d'être visible à la fin du phénomène. Ce sort de la membrane est en général passé sous silence par les auteurs.

Nous avons noté ce mode particulier chez la *Libellula depressa*, où la queue est très courte, et chez le *Gammarus locusta*, FIG. 200 à 211; 339 à 356.

G. *Segment procéphalique.*

Beaucoup de spermatozoïdes filamenteux portent deux segments achromatiques; le plus long est la queue, l'autre est le segment antérieur ou procéphalique. Plusieurs auteurs ont vu ce segment et l'ont désigné sous le nom de « Kopfkappe », à la suite, pensons-nous, de SCHWEIGGER-SEIDEL.

Les crochets du spermatozoïde des locustes sont une variété de segment céphalique, mais leur formation est toute particulière; c'est pourquoi nous l'avons étudiée à part.

Le segment procéphalique proprement dit se forme de la même manière que la queue sans fil axial de la *Libellula depressa*: il est un simple prolongement du cytoplasme, doublé de la mince membrane cellulaire; il devient plus tard hyalin et homogène comme la queue elle-même. Ce prolongement antérieur dénote toujours le caractère bipolaire de l'étirement de la cellule spermatique. La queue se forme au pôle du plus grand allongement, et le segment procéphalique au pôle de moindre allongement ou d'allongement tardif.

Ce segment est assez commun chez les insectes, c'est peut-être chez les lépidoptères qu'il est le plus constant. Il est très long chez certains hémiptères, tels que la *Velia currens*, etc.; il est au contraire très court chez la *Libellula depressa* et le *Geotrupes*.

Chez l'*Asellus aquaticus* il est très développé, en forme de fuseau renflé, et s'incrute d'une substance albuminoïde très réfringente, FIG. 335, 394, 395. Rappelons qu'il comprend à la fois les restes de la protubérance de l'ilot qui contient le noyau et les restes de la membrane nucléaire et du caryoplasme, abandonnés par le fil déroulé.

H) *Fil axial ou hampe.*

Cette production du cytoplasme existe dans la plupart des spermatozoïdes filamenteux.

C'est chez les chilopodes et les isopodes qu'il est le plus développé.

Dans tous les cas de genèse du spermatozoïde filamenteux par simple différenciation, il constitue à lui seul la queue; la membrane cellulaire dans ce cas ne contribue pas à la formation de cet appendice.

D'une manière générale on peut affirmer qu'il dérive du cytoplasme. Il s'y développe comme bien d'autres corps figurés; néanmoins sa formation présente des particularités intéressantes.

Rappelons tout d'abord le phénomène remarquable qui appartient à la fin de la première étape, et que nous croyons être en rapport avec le développement du fil axial chez les édriophthalmes : la fusion plus ou moins profonde de la cellule spermatique avec un plasmodium pariétal. Les animaux chez lesquels il se produit possèdent tous de très petites cellules spermatiques; leurs spermatozoïdes adultes, au contraire, sont de très grande taille et munis d'un segment caudal très développé. Ce fait nous a permis plus haut d'expliquer la raison d'être de cette fusion. Mais comment le fil axial se forme-t-il au sein du cytoplasme ou du plasmodium?

C'est dans les cellules spermatiques de grande taille qu'on en observe le plus facilement la genèse, celles des chilopodes, par exemple.

Rappelons qu'il y fait son apparition sous la forme de nombreux tronçons très courts et séparés au début, qui vont parfois s'effilochant à leurs extrémités et se perdant au sein du réticulum plasmatique. Les corps que PRENANT⁽¹⁾ décrit dans les cellules spermatiques de la *Scolopendra morsitans* ne nous paraissent être que ces tronçons à leurs débuts, un peu plus jeunes peut-être que ceux que nous avons représentés sur notre Pl. I. Leur présence dans les métrocytes de cette scolopendre ne nous étonne pas, car nous avons observé divers cas de différenciation interne débutant avant la plasmodiérèse qui donne naissance à la cellule spermatique, les FIG. 10, 11, 13, 14, 15, en représentent des cas intéressants chez le *Lithobius*.

Le fil axial s'accroît parfois beaucoup plus vite que la cellule ne s'allonge; aussi l'y voit-on s'enrouler et se pelotonner, comme cela arrive souvent chez la *Scolopendra dalmatica*, et surtout chez certains insectes. FIG. 68, 69, 157, 158, 837 et 838.

(1) A. PRENANT : L. c..

Intrigué par la persistance que met DE LA VALETTE St-GEORGE à parler d'un corps figuré particulier et autonome, existant à côté du noyau, son « Nebenkern », et surtout à introduire la production et l'évolution de ce corps dans son énoncé de la loi générale de la spermatogénèse (1), nous avons entrepris quelques recherches nouvelles sur la formation du fil axial chez les insectes, dans le but de nous éclairer sur cette question; voici à quels résultats nous sommes arrivé.

Chez les insectes, le processus de la formation du fil axial est essentiellement le même que chez les chilopodes. Mais chez certains d'entre eux ce filest, à son origine, plus pelotonné encore que chez la *Scolopendra dalmatica*, et alors sa formation présente des aspects particuliers auxquels se rapportent les figures de DE LA VALETTE St-GEORGE.

On remarque souvent chez ces espèces une vacuole située dans le cytoplasme à côté du noyau, et dont le contenu possède généralement la réfringence des liquides moyennement riches en substances albuminoïdes. Ce contenu présente une grande affinité pour certaines matières colorantes, notamment pour le violet de dahlia, ainsi que DE LA VALETTE St-GEORGE l'a indiqué avec raison.

Fait-on agir sur cette vacuole un agent fixateur gazeux, on voit aussitôt son contenu se coaguler et se contracter; mais cette contraction ne se fait pas régulièrement et ne donne pas un coagulum sphéroïdal; celui-ci est au contraire souvent très chiffonné. Les FIG. 831, 843 et 850 d'une part, les FIG. 840, 844 et 851 d'autre part représentent chez l'*Helops caraboïdes*, le *Necrophorus variegatus* et la *Locusta viridissima* ces deux états de la vacuole.

Pendant longtemps on n'observe aucun changement dans l'aspect de la vacuole examinée sur le vivant, dans le plasma spermatique pur, ou légèrement étendu d'un peu de sang de l'animal.

Mais à un moment donné si, au lieu d'examiner l'objet vivant, on y applique l'acide osmique en vapeur dense, ou l'anhydride sulfureux mélangé à la vapeur d'alcool, on voit bientôt apparaître dans cette même vacuole, qui semblait homogène, un filament enroulé en un peloton plus ou moins serré suivant sa longueur. Ce filament est nettement marqué sur nos FIG. 832, 845 à 847.

Il représente uniquement le fil axial qui se développe ici avant que la cellule ne s'étire. Il finit par sortir de sa vacuole en se détendant et s'al-

(1) DE LA VALETTE St-GEORGE : Arch. f. mikr. Anat., 1886.

longeant ensuite dans l'axe du prolongement qui se forme à l'un des pôles de la cellule. On trouve souvent ce fil pelotonné sur lui-même à l'intérieur de la cellule, soit irrégulièrement, FIG. 834, 835 et 848, soit plus régulièrement en prenant la forme d'un ressort, FIG. 837 et 838. Dès ce moment, la vacuole cesse d'être nettement limitée; elle apparaît alors comme un espace clair et irrégulier au sein du cytoplasme.

Cette vacuole est le «Nebenkern» de DE LA VALETTE S^t GEORGE.

Ainsi donc pour nous le «Nebenkern» est une vacuole à contenu assez dense, mais toujours liquide, se développant autour du premier rudiment du fil axial qui apparaît dans le cytoplasme, ici comme partout ailleurs. L'aspect irrégulier du coagulum qu'on y produit en commençant est dû à l'existence d'un tronçon de fil, déjà plus ou moins bien organisé. Cette vacuole unique peut être rapprochée des vacuoles multiples qui se forment sur le trajet du fil axial en voie d'élaboration chez la lithobie et la scolopendre. La densité de son contenu au début n'est pas un fait étonnant: il s'y produit sans doute une accumulation de substances nutritives qui sont utilisées dans le travail de la formation du filament; c'est cette densité même qui empêche, pendant assez longtemps, d'apercevoir le filament sur le frais.

Cette description n'est pas en accord parfait avec celle que donne DE LA VALETTE, à propos du *Phratora vitellina* (1). Ses figures cependant donnent des indices d'un filament enroulé dans le Nebenkern; mais la manière dont il explique dans son texte la formation de la queue est toute différente de la nôtre.

Pour DE LA VALETTE, la queue du spermatozoïde naît toujours, en partie du moins, d'un corps solide particulier, du «Nebenkern»; elle se déroule et sort de la cellule, comme on peut le voir sur ses FIG. 28, 29 et 30, PL. III.

Pour nous, la queue est formée par la fusion de deux ou de trois parties: les restes du cytoplasme et ceux de la membrane cellulaire étirée, à eux seuls dans certains cas (*Libellula*), ou, le plus souvent, avec l'aide d'une troisième partie, le fil axial. C'est seulement dans le cas de genèse pas simple différenciation que le fil axial constitue la queue à lui seul. La formation de ce fil présente, chez certains insectes, un détail particulier: une vacuole se forme autour de son premier rudiment et disparaît plus tard. Cette vacuole n'est donc pour nous qu'un détail de la formation du fil axial; détail spécial à certains insectes et qui, par conséquent, n'a rien d'essentiel et ne mérite pas un nom particulier.

(1) DE LA VALETTE S^t GEORGE: Archiv f. mik. Anat., Bd. XXVIII. Vierte Mittheilung.

Ce détail est très remarquable chez plusieurs espèces, entre autres chez la blatte où DE LA VALETTE a surtout étudié le Nebenkern. Mais dans cette espèce, comme aussi chez les locustes, le phénomène se complique; en effet, à un moment donné, et dans certaines cellules spermatiques seulement, pensons-nous, on aperçoit deux vacuoles au lieu d'une seule, comme si la première s'était divisée, FIG. 850. Toutes les deux contiennent un fil pelotonné, FIG. 852. Plus tard ces deux fils se déroulent séparément, en même temps que leurs vacuoles, qui persistent quelque temps, s'allongent un peu, FIG. 853. Nous ne sommes pas arrivé à élucider d'une manière complète ces derniers détails; nous ne saurions décider si les deux fils constituent deux filaments axiaux destinés à se réunir dans la queue, ou s'ils sont en continuité l'un avec l'autre. La FIG. 839 justifierait peut-être cette dernière hypothèse. On y voit deux vacuoles semblables au Nebenkern, situées l'une derrière l'autre sur un même fil axial. Mais nous n'avons observé cette disposition qu'une seule fois, ce qui est insuffisant pour faire rejeter entièrement l'autre hypothèse.

Quoi qu'il en soit de cette nouvelle complication, nous ne saurions nous rallier à la description de notre savant collègue de Bonn, sur deux points surtout, à savoir : la structure des prétendus - Nebenkern - et leur développement.

Pour DE LA VALETTE, le Nebenkern de la blatte est toujours un corps solide, homogène; une seule fois il en a représenté un portant l'indice d'un fil enroulé, FIG. 74, — et il n'insiste pas sur ce fait qui est fondamental cependant et absolument certain.

Pour nous, ce n'est qu'une vacuole; aussi bien chez la blatte que chez le *Phratora*. De plus, l'évolution du Nebenkern ne consiste pas pour lui dans le déroulement d'un fil pelotonné, mais, comme le prouvent ses FIG. 78, 79 et 80, dans une élongation, dans un étirement de ces corps solides en un fuseau qui passe ensuite à l'état de filament. Les corpuscules ovoïdes de ses figures représentent des vacuoles; nous avons pu nous en assurer. Elles sont toujours à ce stade traversées par le fil axial à demi déroulé, FIG. 853. Pas plus que dans nos premières recherches, nous n'avons pu découvrir des corps solides qui s'allongeraient pour former la queue.

Nous ferons ici une remarque au sujet de la manière de voir que PRENANT (1) nous attribue sur les Nebenkern. D'après lui, nous aurions dit

(1) PRENANT : *Observations cytologiques sur les éléments séminaux de la scolopendre et de la lithobie*; La Cellule, t. III, 3^e fascicule, p. 420.

que les Nebenkern sont des enclaves albuminoïdes. Cela n'est pas exact. Nous nous sommes demandé quels pouvaient bien être ces corps solides qui en s'allongeant deviennent, d'après BUTSCHLI et DE LA VALETTE, la queue du spermatozoïde, et nous avons émis plusieurs hypothèses pour expliquer les descriptions de ces auteurs. Voici nos paroles : « une enclave albuminoïde, « une petite vacuole, une ou deux anses du filament axial naissant, un fragment d'élément nucléinien faisant hernie hors du noyau, etc., pourraient « alors figurer tous ces stades. » Aujourd'hui nous savons que la présence d'une vacuole contenant le premier rudiment du fil axial fournit l'explication de l'énigme.

Tous ces points sont du reste d'une étude fort délicate; bien que nous ne puissions en expliquer toutes les particularités, nous pouvons cependant répéter qu'il n'y a que des variétés dans le détail de la formation de ce même fil axial qui, ailleurs, s'organise sans vacuole.

Nous savons bien que PLATNER⁽¹⁾ fait dériver directement le Nebenkern d'un reste du fuseau caryocinétique, et que DE LA VALETTE professe à peu près la même manière de voir. Mais nous devons relater fidèlement ce que nous avons vu. Or nous avons vu que le prétendu Nebenkern est au début une vacuole, une simple gouttelette, assez concentrée peut-être, mais toujours liquide, enclavée dans le cytoplasme, et non une production solide, un corps figuré qui serait, comme le veut PLATNER, un reste du fuseau de caryocinèse, ou bien un amas de corpuscules dérivant aussi de ce fuseau, comme DE LA VALETTE est porté à l'admettre.

D'ailleurs il nous paraît bien établi que, dans d'autres cellules, les métrocytes testiculaires par exemple, le fuseau retourne au cytoplasme sans laisser de traces visibles, qui pourraient donner directement naissance à des vacuoles ou à des corpuscules solides. Cela ressort surtout de l'étude que CARNOY⁽²⁾ a faite de cette question chez mainte espèce d'arthropodes. Ce serait donc une particularité tout à fait spéciale à la cellule spermatique que celle de former de semblables corps figurés.

De plus les figures des auteurs précités nous paraissent copiées sur des préparations altérées. Les détails dont nous parlons doivent être étudiés sur des cellules fraîchement fixées par un gaz, et colorées par le vert de méthyle délicatement appliqué.

(1) PLATNER : *Zur Bildung der Geschlechtsprodukte bei den Pulmonaten*. Arch. f. mik. Anat., Bd. XXVI.

(2) CARNOY : *La Cytodiérèse chez les Arthropodes*; La Cellule, t. I, p. 352 et 386.

Ajoutons que les observations de PRENANT (1) ne sont nullement favorable à la manière de voir de PLATNER.

Quant au mécanisme intime de la formation du fil axial au sein du cytoplasme, nous l'avons décrit en étudiant le *Lithobius*. - Au moment « où le protoplasme va organiser ce filament, disions-nous, on voit « certaines trabécules du réseau plastinien s'orienter longitudinalement « et s'accoler de manière à former un tractus qui s'allonge et s'épaissit « de plus en plus. Une fois achevé, le corps filamenteux qui en résulte « paraît formé d'une substance homogène. Il faut donc admettre ou bien « que les mailles qui s'unissent pour le constituer, comme on le voit par « exemple dans la FIG. 11, se fusionnent intimement, ou bien que l'enchylème interposé se transforme en une substance hyaline qui enrobe le squelette réticulé. - Nous sommes aujourd'hui plus porté à admettre l'existence de ce dernier phénomène; les cytomicrosomes dont parlent DE LA VALETTE, LEYDIG et PRENANT nous paraissent être de petits empâtements d'une substance visqueuse qui se dépose dans les mailles en train de s'unir. Les réactifs fixateurs les coagulent, comme ils coagulent le contenu de la vacuole unique de certains insectes. La substance coagulable que renferme cette vacuole joue sans doute, chez ces êtres, le même rôle vis-à-vis des premiers rudiments du fil axial, qui y sont enrobés et qui l'absorbent peu à peu.

Dans la conclusion de son dernier travail sur la blatte, DE LA VALETTE distingue dans le filament du spermatozoïde de cet insecte deux parties : la queue et le « Zwischenstück. » Cette dernière portion seule dériverait du Nebenkern; pour le reste de la queue, il se contente de dire qu'il dérive du cytoplasme.

Le lecteur sait que nous ne partageons pas cet avis. Pour nous, la queue commence au noyau ou tête, et la distinction entre un « Zwischenstück » et un « Faden », ou queue proprement dite, est artificielle et oiseuse. Répétons-le, d'après nos observations la queue dérive, sur toute sa longueur, de trois parties fusionnées : les restes du cytoplasme, la membrane cellulaire et le fil axial qui est lui-même un dérivé du cytoplasme.

Il ne paraîtra pas inutile de faire encore une remarque au sujet du développement des crochets des locustides. Nous savons qu'ils résultent des

(1) PRENANT : *Observations cytologiques sur les éléments séminaux de la scolopendre et de la lithobie*; La Cellule, t. III, 3^e fascicule.

transformations particulières que subit une vacuole spéciale, apparaissant dans le cytoplasme à côté du noyau. Cette vacuole ne doit pas être confondue avec celle qui enveloppe les premiers rudiments du fil axial, et dont nous venons de parler; car ces deux productions peuvent coexister, ainsi que le montrent nos FIG. 846 à 853. Nous pensons que DE LA VALETTE n'a remarqué ni cette coexistence, ni les métamorphoses que subit l'une de ces vacuoles pour former les crochets, particularités que VON SIEBOLD et BÜRSCHLI avaient déjà entrevues.

Ces divergences entre la manière de voir du savant de Bonn et la nôtre, s'expliquent surtout par la différence des méthodes employées par chacun de nous. La méthode préférée de DE LA VALETTE, l'emploi du sérum iodé au violet de dahlia, a pour effet de colorer et de mettre fortement en évidence un détail, la vacuole qui entoure le premier rudiment du fil axial ou le «Nebenkern»; mais elle ne permet pas de lire dans le contenu de cette vacuole, pas plus que dans la structure de la cellule ou celle du noyau.

DE LA VALETTE nous dit que l'acide acétique transforme le Nebenkern en une vacuole; en réalité ce réactif ne fait que démontrer la véritable nature de ce corps, mais il a le défaut de faire disparaître les rudiments, encore mal affermis, du fil axial, que les agents fixateurs gazeux y mettent au contraire en évidence.

Nous n'avons jamais nié l'utilité éventuelle de l'examen sur le vivant, que nous avons constamment pratiqué nous-même; mais l'application d'un agent fixateur gazeux est d'absolue nécessité en cytologie, sous peine de n'obtenir jamais que des images confuses et indéterminées. Disons plus, l'usage d'un réactif quelconque, faisant varier l'indice de réfraction des plasmas, est souvent préférable à la seule inspection sur le vivant, quand même il altérerait la cellule; car il aurait du moins l'avantage de faire apparaître certains corps plongés dans des milieux doués d'une réfringence égale à la leur, ou à peu près, et par suite invisibles sur le frais : témoin le fil axial qui, dérobé dans les vacuoles, apparaît sous l'influence de tous les agents coagulants.

La cytologie n'existerait pas encore si les observateurs s'étaient bornés à l'étude des objets non fixés, méthode qui cependant fournit des moyens de contrôle qui ne peuvent être négligés.

I. *Détails particuliers de la couche extérieure du cytoplasme.*

Nous entendons par là des productions solides qui apparaissent dans le cytoplasme, au voisinage immédiat de la membrane cellulaire, c'est-à-dire dans la zone périphérique qui habituellement se distingue nettement de la masse interne.

Les détails de cette catégorie que nous avons signalés sont la spirale du *Lithobius forficatus* et de la *Scolopendra dalmatica*, ainsi que les lignes longitudinales ou transversales des gamasides. PRENANT a décrit aussi la spirale chez la *Scolopendra morsitans*, mais avec peu de détails et sans s'expliquer sur le lieu ni sur le mode précis de sa formation.

RÉSUMÉ.

I. *Changement de forme de la cellule spermatique.*

1° Élongation plus ou moins prononcée : chilopodes, schizopodes, cirripèdes, insectes, scorpionides, aranéides, acariens, *Glomeris*.

2° Modifications dues au développement spécial d'une vacuole : décapodes, locustides.

3° Formation de prolongements protoplasmiques radiaires, multiples ou simples : décapodes.

4° Déformation simple et faible : stomatopodes, *Polydesmus*, phalangides.

II. *Phénomènes internes.*

Noyau.

A. Disparition totale, *Lithobius*.

B. Conservation intégrale, gamasides.

C. Dissolution de la membrane et dispersion de l'élément nucléinien dans le protoplasme : *Glomeris marginata*.

D. Remaniement plus ou moins complet.

1° Le contenu prend une apparence

homogène : $\left\{ \begin{array}{l} a) \text{ Par fusion : insectes, aranéides, édriophthalmes, stomato-} \\ \text{podes, schizopodes, cirripèdes.} \\ b) \text{ Par dissolution, çà et là chez les insectes, locustides, } \textit{Sco-} \\ \text{lopendra, Tegenaria.} \\ c) \text{ Par déroulement : } \textit{Libellula depressa, Tetragnatha extensa,} \\ \text{isopodes.} \end{array} \right.$

(2°) La membrane nucléaire se détruit, ou s'applique sur le contenu.

Remarques.

1° Le noyau change habituellement de forme, excepté chez le *Gamasus*.

2° Chez le *Gamasus* du *Necrophorus germanica*, le noyau sort à demi de sa cellule.

Protoplasme.

- A. Différentiation légère : *Glomeris*.
- B. Disparition apparente du cytoplasme : *Polydesmus*, phalangides, squilles.
- C. Développement spécial d'une vacuole : décapodes, locustides.
- D. Rebords circulaires des iules.
- E. Prolongements filamenteux : décapodes.
- F. Queue sans fil axial : *Libellula depressa*, *Gammarus*.
- G. Segment procéphalique : insectes, *Asellus*.
- H. Fil axial ou hampe : chilopodes, insectes, isopodes, aranéides.
- I. Détails particuliers de la couche extérieure du cytoplasme.

Troisième étape.

La constitution du spermatozoïde et l'état dans lequel il se trouve à la maturité sont les deux points principaux que comporte l'étude de la troisième étape.

A. *Constitution des spermatozoïdes.*

Rappelons brièvement les principales particularités que peut présenter la cellule-spermatozoïde dans sa forme, dans la structure de son noyau et de son protoplasme.

1° *Forme extérieure.*

Elle est très variable; nous avons signalé les variétés filamenteuse, lenticulaire, discoïde, cupuliforme et quelques autres.

2° *Noyau.*

Il revêt aussi les formes les plus diverses; les principales sont : la forme filamenteuse ou bacillaire, la forme de fuseau, de cône droit ou tordu en spirale, de cupule, de disque ou de lentille, de globule régulier ou irrégulier, etc..

Quant à sa structure interne elle n'est pas moins variable.

Parfois elle est celle de beaucoup de noyaux ordinaires : l'élément nucléinien y est visible sous sa forme filamenteuse (gamasides).

Le plus souvent elle est apparemment homogène.

Notons encore que le noyau peut aussi ne plus exister comme corps autonome (*Lithobius*, *Glomeris*); dans ce cas l'élément nucléinien se trouve dispersé dans le protoplasme. Chez le *Lithobius* le noyau est aussi latent que l'est le protoplasme chez le *Polydesmus*.

3° *Protoplasme.*

Il se présente dans un état variable de différenciation, comme nous l'avons vu. En dehors des arthropodes nous connaissons des spermatozoïdes dont le protoplasme n'a subi aucune différenciation, ceux de certaines espèces de nématodes, par exemple. Dans l'embranchement qui nous occupe, les spermatozoïdes des *Glomeris* sont à peu près dans le même cas : leur protoplasme est seulement un peu plus clair que celui des cellules jeunes; de plus il loge les fragments nucléiniens et correspond au cytoplasme et au caryoplasme fusionnés.

Ceux des gamasides présentent encore une masse centrale de protoplasme très légèrement différencié, mais la couche périphérique possède des détails bien caractéristiques, FIG. 813 à 830.

Partout ailleurs, chez les arthropodes, les portions qui dérivent du protoplasme constituent des corps figurés bien déterminés dans leur forme.

Ce sont, comme le montrent nos planches, des filaments, des bâtonnets, des cupules, des vésicules, perforées ou non, des tigelles, des rebords, ou de simples enveloppes solides.

Tous ces corps sont hyalins et transparents comme du verre; ils se composent d'une substance très réfractaire aux réactifs, plastine ou chitine, qui représente un état de condensation et de différenciation profondes du protoplasme.

Remarques.

Nous avons fait observer déjà que, dans beaucoup de spermatozoïdes, le protoplasme et le noyau subissent en se différenciant une réduction de volume très notable. Ce phénomène, pour être fréquent, n'est cependant pas d'une constance absolue. C'est ainsi que les spermatozoïdes des *Glomeris* et des *Gamasus* paraissent plutôt gagner en volume et en masse en s'achevant. De même chez les isopodes et les amphipodes la hampe ou la queue

représente un volume bien plus considérable que celui de la petite cellule spermatique avant sa fusion avec le plasmodium.

Quant au noyau, chez les gamasides le nucléole-noyau demeure tel qu'il était dans la cellule jeune; mais partout ailleurs il paraît se réduire très notablement, même dans les cas de dissolution apparente de l'élément nucléinien, ainsi qu'on l'a dit plus haut.

C. *État des spermatozoïdes mûrs.*

Les uns nagent librement dans le plasma spermatique; les autres sont réunis en amas, consolidés par une production spéciale, qu'on appelle spermatophores.

1° *Spermatozoïdes libres.*

Quand la première étape toute entière ne comprend que des phénomènes de segmentation binaire, les cellules spermatiques, et par suite les spermatozoïdes, se trouvent en liberté aussitôt qu'ils sont individualisés.

Chez certains animaux : les schizopodes, les décapodes, les géophiles, les scolopendrides, certains chilognathes (1), ils se réunissent plus tard en spermatophores; tandis que chez d'autres ils restent libres définitivement : témoins les stomapodes, les carides, certains myriapodes et les acariens.

Mais quand la première étape comprend des phénomènes de genèse endogénique : segmentation endogène ou division simultanée, ou bien des phénomènes de fusion plasmodique, les spermatozoïdes pour acquérir la liberté ont à rompre certains liens qui les maintiennent réunis pendant la période de leur formation. Chez les insectes, comme nous l'avons vu, la cellule nourricière, reste de la métrocyte, comprenant la membrane coloniale, le noyau ou les noyaux satellites et le protoplasme qui les accompagne, se résorbent et les spermatozoïdes se trouvent ainsi mis en liberté tout naturellement.

Chez d'autres insectes, l'hydrophile par exemple, le faisceau appartenant à une colonie paraît plutôt se séparer violemment des restes de la cellule-nourricière.

Un phénomène semblable d'avulsion doit se passer chez les isopodes et le *Gammarus*, pour les isoler du plasmodium pariétal où leurs queues sont engagées.

(1) Voir FABRE : ANN. D. SC. NAT., 4^e série, t. III, 1855.

Chez les aranéides et les phalangides, c'est aussi un phénomène de résorption, la résorption de la membrane coloniale seule, sans cellule-reste, qui met les spermatozoïdes en liberté.

2° *Spermatophores.*

Nous avons rencontré chez les arthropodes des formes très diverses de spermatophores : les spermatophores en bouquet, les spermatophores filamenteux, avec ou sans axe de soie, enfin les spermatophores capsulaires.

En se basant sur leur origine on peut les diviser en deux groupes : les spermatophores primaires, et les spermatophores secondaires.

Les primaires sont ceux qui représentent des groupements naturels consolidés : soit des colonies endogéniques, soit des colonies de fusion telles que les îlots plasmodiques des isopodes.

Les secondaires résultent de la réunion tardive de spermatozoïdes originellement libres, ou du moins déjà mis en liberté.

Spermatophores primaires.

Ils comprennent les spermatophores en bouquet, certains spermatophores filamenteux et certaines capsules.

Les premiers s'observent chez les coléoptères et chez certains ichneumonides ; les seconds, chez plusieurs coléoptères et chez les locustides ; les troisièmes, chez les scorpions.

Les bouquets des *Carabus auratus*, *auronitens* et *purpurascens*, du *Procrustes coriaceus*, du *Calosoma inquisitor*, celui de l'*Amblyteles oratorius*, ne sont que des colonies consolidées. La partie solide qui en maintient les éléments paraît être organisée aux dépens de la cellule-reste. On dirait que le protoplasme de cette cellule, au lieu de se résorber, comme chez les autres espèces, se différencie et passe à l'état de substance réfractaire, phénomène qui constituerait la dernière manifestation de sa vie.

Chez l'*Helops*, une tige de substance analogue à la soie s'organise au sein du faisceau. Il est probable que le protoplasme de la cellule-reste joue aussi un rôle dans sa production. Cependant il n'est pas impossible que cette soie se fabrique de toute pièce, dans la lumière du tube qui contient les éléments spermatiques, sous l'influence des cellules qui le tapissent, et s'accumule de préférence au centre des faisceaux.

Les spermatophores filamenteux des locustides n'ont pas de pièce axiale autonome. Les spermatozoïdes d'un faisceau s'unissent par leurs

crochets et par l'extrémité antérieure de leur tête; leurs filaments restent libres et flottants, tandis que leurs portions antérieures soudées constituent une tige solide. La cause des mouvements si précis que nécessite l'union si singulière de ces spermatozoïdes nous échappe, aussi bien que le mécanisme de cette union (1).

Spermatophores secondaires.

Appartiennent à cette catégorie les spermatophores filamenteux des carabiques, le peloton des géophiles, les capsules des scolopendrides et celles des décapodes, ainsi que le spermatophore capsulaire du grillon.

Les filaments des féronides, parmi les carabiques, sont, avons-nous vu, le produit de la fixation d'un certain nombre de spermatozoïdes sur un axe de soie formé dans des diverticules glandulaires, et qui probablement s'accroît encore après être descendu dans l'axe du tube.

Le peloton des géophiles est formé par l'union secondaire d'un certain nombre de spermatozoïdes qui s'enroulent comme une bobine de fil. Le peloton présente un vide en son centre; il est entouré après sa formation par une substance albuminoïde qui se solidifie et lui constitue une épaisse enveloppe.

Le capsule de la *Scolopendra dalmatica* doit se former de la même manière; mais ici la substance agglutinante subit une différenciation bien plus compliquée; elle forme une membrane épaisse et d'une texture qui reproduit en grand celle des membranes ovulaires les plus caractéristiques des vertébrés.

La capsule du *Gryllus* est une formation de même nature; sa membrane est aussi le produit de la solidification d'une substance sécrétée par des cellules glandulaires.

Enfin les spermatophores capsulaires des décapodes sont les plus remarquables que nous connaissions et, parmi eux, ceux des macroures sont les plus compliqués.

Leur enveloppe se forme dans le canal déférent aux dépens d'un produit excrété par les cellules épithéliales à demi-fusionnées. Elle revêt à ses débuts la forme d'un cylindre, qui se segmente ensuite en capsules distinctes.

Ce n'est point tout; dans le même produit d'excrétion il se différencie, chez les pagurides, une tige dont l'extrémité supérieure pénètre plus ou moins dans l'intérieur de la capsule qu'elle supporte, et dont l'extrémité opposée est soutenue par une plaque basale.

(1) Voir 1^{er} Mémoire, p. 118 et suivantes.

Phénomène remarquable! il arrive que les spermatophores s'organisent même en l'absence de spermatozoïdes, et demeurent vides, FIG. 745.

Chez les brachyures la capsule est dépourvue de pied.

Remarques.

Les spermatophores, comme les spermatozoïdes libres, sont toujours charriés par un plasma de consistance variable, excepté chez le grillon, où l'expulsion du spermatophore est une espèce de phénomène obstétrical suivant l'expression de FABRE.

Ce plasma est parfois très épais, presque solide; chez maint insecte et chez les squilles il est très élastique.

Chez les pagurides on y distingue, au moins après fixation, une structure réticulée assez régulière entre les capsules.

RÉSUMÉ.

A. *Constitution du spermatozoïde.*

1° *Forme variable.*

2° *Noyau.*

Forme variable.

Structure : { inaltérée;
d'apparence homogène;
en fragments dispersés dans le cytoplasme.

3° *Protoplasme.*

Différentiation plus ou moins profonde, et très variable.

Remarque : Volume du noyau et du protoplasme ordinairement diminué; parfois augmenté.

B. *État des spermatozoïdes.*

1° *Spermatozoïdes libres.*

2° *Spermatophores.*

Primaires : { bouquets;
filaments;
capsules.
Secondaires : { filaments des carabiques;
peloton des géophiles;
capsules des scolopendrides;
capsules des décapodes;
capsules du grillon.

II.

CONCLUSIONS.

Dans les pages qui précèdent nous avons décrit d'abord, puis rassemblé et comparé les phénomènes de spermatogénèse que nous avons observés dans un grand nombre d'arthropodes.

Pour achever notre œuvre, il nous reste à utiliser ce travail d'analyse et de comparaison pour en dégager, si possible, les lois de la spermatogénèse.

Tâche ardue!

Rien n'est plus difficile, en effet, que d'énoncer des lois biologiques s'appliquant à tous les êtres et comprenant tous les faits.

Plusieurs se sont égarés dans cette voie mal aisée et, dans tous les départements de la biologie, bien des lois énoncées comme telles sont tombées devant les progrès de l'observation.

Le grand écueil à éviter dans la recherche de ces lois, c'est la généralisation hâtive et non justifiée; l'étonnante variété de la nature en est la cause. Il faudrait presque avoir vu tous les faits dans toutes les espèces pour être sûr de donner à ses formules la compréhension et l'extension qu'elles comportent.

Or, malgré nos nombreuses observations, nous sommes bien loin d'avoir parcouru toutes les espèces et observé tous les faits, et parmi ceux que nous avons observés il en est sans doute que nous avons mal vus ou mal interprétés, car un mémoire biologique sans inexactitudes n'a pas encore vu le jour.

Cependant du travail de la pensée sur les données de l'observation il résulte toujours quelque avantage pour la science, ne fût-ce que celui d'inspirer l'idée de nouvelles recherches ou d'indiquer une voie nouvelle à explorer.

Une loi, en biologie, est la synthèse des faits observés.

Mais il y a loi et loi, précisément parce qu'on peut les appliquer à des catégories plus ou moins vastes d'objets ou de faits; toutes les lois n'ont pas en effet la même extension ni, par suite, la même compréhension. La compréhension d'une idée ou d'un jugement étant en raison inverse de son extension, il s'en suit qu'une loi applicable à tous les êtres contiendra un petit nombre de notes, ou de caractères généraux; tandis qu'une loi ne s'appliquant qu'à un groupe particulier, à une famille par exemple, pourra comprendre un nombre de notes beaucoup plus grand, et sera par conséquent plus détaillée et plus explicite.

Ces points remis en mémoire, proposons-nous de rechercher la loi *générale* de la spermatogénèse chez les arthropodes, c'est-à-dire les faits qui sont constants et essentiels à la formation de tout spermatozoïde dans cet embranchement tout entier.

Nous avons vu que le processus de la formation des éléments figurés du sperme embrasse toujours trois séries de phénomènes bien distincts : phénomènes de cytodierèse, phénomènes de différenciation, phénomènes d'une autre nature, variables et consécutifs aux seconds. Ces trois groupes de phénomènes sont si divers entre eux, que la loi générale de la spermatogénèse devra comprendre trois parties ou, si l'on veut, trois lois distinctes.

C'est là un point de méthode dont ne tiennent pas suffisamment compte les divers énoncés qui ont été proposés jusqu'ici comme lois générales.

Ces formules sont du reste entachées d'autres défauts; examinons rapidement les principales d'entre elles.

I. KÖLLIKER est le premier auteur qui ait formulé une loi semblable. Le spermatozoïde, d'après sa première formule, se forme dans l'intérieur du noyau par une sorte de cristallisation en spirale. REICHERT et HENLE combattirent cette opinion, et soutinrent que le corps cellulaire prend part à la formation du spermatozoïde.

Néanmoins, comme nous l'avons vu, le savant histologiste ne renonça pas complètement à sa loi; il la modifia seulement en disant que le spermatozoïde représente un noyau dont une portion s'est étirée sous la forme de queue.

En fût-il ainsi, cette loi serait encore erronée; KÖLLIKER avoue lui-même aujourd'hui (1), tout en maintenant sa loi, qu'elle n'est applicable qu'à certains animaux; elle n'est donc pas générale.

II. En 1865, SCHWEIGGER-SEIDEL, dans l'un des travaux les plus consciencieux qu'on ait publié sur notre sujet, fixa, comme nous l'avons dit plus haut, la vraie signification du spermatozoïde en démontrant que cet élément représente une cellule entière. Mais, dire que le spermatozoïde est une cellule, ce n'est pas formuler une loi de la spermatogénèse.

III. DE LA VALETTE St-GEORGE, après quelques hésitations, s'est finalement arrêté à l'énoncé suivant : « Chaque cellule spermatique donne

(1) KÖLLIKER : *Die Bedeutung der Zellenkerne für die Vorgänge der Vererbung*; Zeit. f. wiss. Zool., Bd. XLII, 1885,

» naissance à un spermatozoïde, de telle manière que le noyau en forme
 » la tête, et la substance cellulaire le filament caudal (1). «

Plus tard, en 1886, comme conclusion de son travail sur la blatte, il écrit ce qui suit(2) : » Es geht somit bei *Blatta germanica*, der später
 » *wieder verschwindende Kopf* aus dem Kern der Spermatide, der Faden
 » aus deren Cytoplasma hervor; die Verbindung zwischen Kopf und Fäden
 » wird vermittelt durch ein besonderes Zwischenstück, welches den Neben-
 » kern seine Entstehung verdankt. Es fällt somit die Entwicklung der
 » Samenkörper von *Blatta germanica* genau unter das von mir vor Jahren
 » aufgestellte Gesetz der Spermatogenese. »

Verschwinden veut bien dire disparaître, s'évanouir. Aussi étions-nous persuadé en lisant ces lignes que DE LA VALETTE admettait que la tête, dérivant du noyau, finit elle-même par disparaître plus tard et que, par conséquent, le spermatozoïde mûr est dépourvu d'élément chromophile, ou de noyau.

Cependant il semble vouloir modifier ses termes dans sa quatrième communication : » immer (der Kern) kleiner und kleiner wird, dit-il,
 » bis er endlich ganz *verschwindet und verschmälert sich* zu einem dünnen
 » Stäbchen. »

Verschwindet und verschmälert sich : le noyau, ou la tête, s'évanouit, mais en même temps il s'amincit en bâtonnet! Ce correctif semble indiquer que, dans la pensée de l'auteur, malgré les termes qu'il emploie, le noyau ne s'évanouit pas; ce qui est contraire, nous paraît-il, à ce qu'il affirmait précédemment en parlant de : » *später wieder verschwindende Kopf*. »

Tout cela est bien équivoque. Mais cela fut-il clair et précis, que nous pourrions encore soutenir que l'énoncé de DE LA VALETTE est incorrect.

En effet les termes tête et queue, qu'il introduit dans la formule de SCHWEIGGER-SEIDEL, restreignent son extension, ces mots ne pouvant s'appliquer au spermatozoïde non filamenteux de divers d'animaux, notamment à celui des crustacés décapodes, de beaucoup de chilognathes, des acariens, etc.

Nous avons dit ce que nous pensons de la valeur du *Nebenkern*, que l'on rencontre seulement chez certains spermatozoïdes filamenteux, ainsi que du *Zwischenstück* qui en dériverait.

(1) DE LA VALETTE S^s.GEORGE : Arch. f. mik. Anat., 1874.

(2) DE LA VALETTE S^s.GEORGE : Arch. f. mik. Anat., Bd, XXVII, 1886.

Mais ces deux lois, celle de SCHWEIGGER-SEIDEL et celle de DE LA VALETTE, sont, de plus, incomplètes, car elles ne font aucune mention de la genèse première de l'élément spermatique; elles ne visent que le deuxième acte de cette genèse, c'est-à-dire la différenciation en cellule-spermatozoïde.

Dans plusieurs de ses publications, cependant, DE LA VALETTE S^t-GEORGE exprime quelques vues d'ensemble sur la période des cytodières, qui constitue notre première étape. Sa manière de concevoir le processus de cette étape peut se résumer de la manière suivante.

Il se forme à un moment donné, dans le testicule en développement, des cellules qui sont les équivalentes des cellules ovulaires, ce sont les ovules mâles. Ceux-ci se divisent et donnent naissance à des cellules qu'il appelle spermatogonies. Les spermatogonies entrent en division à leur tour et engendrent les spermatocytes.

Suivant leur disposition, les amas de spermatocytes prennent le nom de spermatogemmes ou de spermatocystes. Ces derniers sont entourés d'une membrane formée de cellules disposées en épithélium, qui dérivent de la même spermatogonie que les spermatocytes.

L'auteur ne s'explique pas au sujet de l'extension et de la valeur qu'il donne à cette conception de la marche des phénomènes. S'il n'en fait pas une loi générale, il lui attache cependant une grande importance; sinon, pourquoi inventer toute une nouvelle nomenclature?.....

Qu'on nous permette de faire quelques observations au sujet de ce qui précède.

1^o Plusieurs auteurs : REICHERT, LEYDIG, DE LA VALETTE S^t-GEORGE, NUSSBAUM, BALFOUR, etc. ont comparé certaines cellules-mères à la cellule-œuf; et ont cherché à établir des analogies et des rapprochements plus ou moins justifiés entre le développement des deux éléments sexuels.

Un travail dans ce sens a été récemment publié par Patrick GEDDES et Arthur THOMSON (1). Ces auteurs établissent la comparaison entre les diverses variétés de la segmentation de l'œuf, et celles de la division des métrocytes spermatiques, et mettent en évidence, sans idées préconçues, les analogies qu'ils découvrent entre certaines de variétés de division dans les deux éléments sexuels.

(1) Patrick GEDDES et Arthur THOMSON : *History and theory of spermatogenesis*; Proceedings of the Royal Society of Edinburg, 1887.

Quelque intéressantes que soient les conclusions de ces auteurs, nous pensons qu'il est préférable de faire rentrer ces cas particuliers de la division de l'œuf et des métrocytes, dans l'étude générale et comparée de la cytodierèse, qui nous révèle l'existence de phénomènes identiques dans les cellules d'espèces les plus diverses.

D'ailleurs l'homologie morphologique entre les cellules-mères testiculaires, que DE LA VALETTE appelle ovules mâles, et les œufs n'est rien moins que démontrée. On pourrait considérer plutôt la cellule-spermatozoïde comme homologue de la cellule-œuf. En effet, les deux sortes de cellules sexuelles se multiplient d'une manière continue et par des modes très divers, jusqu'au moment où elles donnent naissance à une cellule qui ne se multiplie plus, mais qui se différencie, l'œuf ou le spermatozoïde. De plus, dans la fécondation, phénomène bien plus caractéristique que la genèse des cellules mâles ou femelles, dont le mode est si variable, on voit ces deux éléments cellulaires se combiner pour former une nouvelle individualité. Il paraît donc fort naturel d'établir l'homologie morphologique entre la cellule-œuf et la cellule-spermatozoïde, et de regarder aussi comme les homologues des métrocytes mâles et de leurs ancêtres, jusqu'à la métrocyte mâle primordiale, tous les ancêtres des cellules-ovulaires, jusqu'à leur métrocyte primitive.

2° Les termes spermatocystes et spermatogemmes sont absolument inapplicables à certains animaux : citons les myriapodes, chilognathes et chilopodes, beaucoup de crustacés, les acariens, etc., dont les cellules testiculaires se forment par segmentation binaire, et sont isolées et libres.

3° Même pour les animaux auxquels son auteur l'applique expressément, la théorie de DE LA VALETTE est encore insuffisante. Elle ne tient pas compte d'une donnée très importante : le mode de division des cellules testiculaires, mode qui est très variable et qui donne à la première étape son facies particulier, car c'est de ce mode que dépendent la formation ou l'absence des colonies spermatocystes ou spermatogemmes.

4° D'ailleurs les colonies ne sont pas entourées d'un épithélium, mais bien contenues dans une cellule-reste.

La loi de DE LA VALETTE n'est donc pas applicable à tous les êtres ; elle ne l'est même pas, il s'en faut de beaucoup, à tous les arthropodes. En outre, elle est inexacte ou incomplète, même pour les animaux sur lesquels ont porté les recherches de l'auteur.

IV. SABATIER⁽¹⁾ a aussi imaginé un plan typique de la spermatogénèse.

Il distingue parmi les cellules testiculaires trois espèces d'éléments : les spermatospores, les proto-spermatoblastes et les deuto-spermatoblastes. Les proto-spermatoblastes naissent par multiplication nucléaire et bourgeonnement superficiel de la spermatospore; ils donnent naissance de la même manière aux deuto-spermatoblastes. Ceux-ci se transforment en spermatozoïdes : leur noyau devient la tête, tandis que leur protoplasme forme la queue en s'étirant. Cette manière de voir lui a été surtout suggérée par ses études sur les annélides et les batraciens; il voudrait la généraliser, en y faisant peut-être des modifications de détail.

Que faut-il penser de cette nouvelle loi?

1° Chez beaucoup d'êtres il faudrait distinguer non seulement des spermatospores, des proto- et des deuto-spermatoblastes, mais encore des tri-, tetra-, penta-spermatoblastes, etc., etc., en un mot autant de numéros d'ordre que les spermatophores comptent de générations cellulaires parmi leurs descendants, quelles que soit d'ailleurs les variétés de division qui leur donnent naissance. Or, ce nombre est souvent fort grand, et dans bien des cas il ne peut être déterminé avec exactitude. Inutile d'ajouter que, chez beaucoup d'espèces, la multiplication des métrocytes ne présente aucun phénomène correspondant au bourgeonnement superficiel dont cette théorie fait mention.

2° La partie de l'énoncé qui a trait à la deuxième étape, s'applique seulement à la forme filamenteuse.

3° Enfin son auteur lui-même fait à cette loi une importante exception pour les décapodes, chez lesquels, d'après lui, les corps qui se transforment en spermatozoïdes ne sont pas même des cellules (2).

De ces considérations il nous paraît résulter que les prétendues lois générales de la spermatogénèse, proposées jusqu'ici, ne peuvent être acceptées.

Recherchons à présent, en nous basant sur nos observations, ce qu'il pourrait y avoir de constant et d'essentiel dans chacune des trois étapes de la spermatogénèse chez les arthropodes.

(1) SABATIER : *La spermatogénèse chez les plagiostomes et les amphibiens*; C.R. d. l'Acad. des Sc., 17 avril, 1882.

(2) SABATIER : C.R. d. l'Acad. des Sc., 9 février, 1883.

Première étape.

Nous y avons rencontré bien des modes divers de cytodiérèse.

La caryodiérèse y est cinétique ou acinétique.

La plasmodiérèse y présente des particularités diverses.

Les rapports entre la caryodiérèse, la plasmodiérèse et la division de la membrane y sont aussi variables.

Enfin nous avons signalé des modifications propres à certains animaux seulement, et encore plus variables que les précédentes, telles sont : la division donnant lieu à une cellule-reste enveloppante, les fusions, les modes spéciaux de genèse de la cellule-spermatozoïde.

N'y aurait-il donc aucun fait constant et essentiel dans cette étape? Non, tous les phénomènes qu'on y observe, sont seulement des phénomènes variés de *multiplication cellulaire*.

Deuxième étape.

La différenciation de la cellule-spermatozoïde comprend ordinairement un changement de forme et des phénomènes ayant pour siège le protoplasme et le noyau.

Le mode de déformation de la cellule spermatique est plus variable encore que la forme des éléments adultes.

Le noyau est loin de subir partout le même sort.

Il peut rester intact, devenir totalement invisible, ou subir des modifications nombreuses. On y constate des changements de forme multiples et des modifications très diverses de son contenu et de sa membrane. On voit souvent le noyau des spermatozoïdes prendre une apparence homogène; mais nous avons aussi rencontré des spermatozoïdes qui ne présentent pas ce caractère : citons les *Glomeris*, les *Gamasus*, etc.

Aucune modification morphologique constante et essentielle ne nous est donc connue dans le noyau du spermatozoïde.

Quant au protoplasme, ses changements sont encore plus variés que ceux du noyau. Depuis l'état de protoplasme ordinaire jusqu'à l'état de différenciation profonde qu'il subit chez les chilopodes, on trouve tous les intermédiaires possibles, y compris sa disparition presque totale, comme chez le *Polydesmus*.

Nous avons cru d'abord trouver un caractère constant du spermatozoïde dans le passage du protoplasme à l'état de substance réfractaire hyaline

et homogène. Mais nous étions dans l'erreur, car il reste granuleux et réticulé chez les *Gamasus* et les *Glomeris*, aussi bien que chez certains êtres n'appartenant pas au groupe des arthropodes, plusieurs nématodes par exemple.

Ainsi donc, tous les phénomènes de la deuxième étape sont des phénomènes de *différentiation cellulaire*; aucun d'eux n'est constant ni, par conséquent, essentiel.

Troisième étape.

On a pu voir par notre aperçu synthétique de la troisième étape que si le spermatozoïde a partout la valeur d'une cellule il est loin cependant de présenter partout les mêmes caractères morphologiques et anatomiques. La forme et la structure des spermatozoïdes sont au contraire des plus variables; ainsi les chilognathes, les chilopodes, les crustacés, etc., en offrent des types extraordinairement divergents.

Cette forme et cette structure sont tellement variables qu'on pourrait se demander avec raison quel est le caractère commun qui fait ranger parmi les spermatozoïdes tant de productions disparates.

La forme des spermatozoïdes, leur structure interne et l'état dans lequel ils se trouvent à la maturité, sont encore plus variables que les détails de leur genèse et de leur différenciation.

Donc, au point de vue morphologique, tout ce que l'on peut dire de cette troisième étape c'est que le spermatozoïde conserve sa valeur cellulaire : *le spermatozoïde est une cellule adulte*.

Tout le reste est variable.

Le travail de comparaison et de synthèse auquel nous venons de soumettre le chaos des variétés observées dans les trois étapes nous conduit donc à cette seule conclusion générale : *la formation des spermatozoïdes ne comprend que des phénomènes de genèse et de différenciation cellulaires*.

Ainsi que nous le disions au congrès de l'Association Britannique de 1887, à Manchester⁽¹⁾, nous considérons comme une chose impossible, dans l'état actuel de la science, d'ajouter à cette formule une note quelconque sans qu'elle cesse de s'étendre à tous les êtres vivants.

Si l'on voulait, par exemple, faire mention du mode de genèse de la cellule spermatique, la loi ne serait plus générale; elle deviendrait une loi

(1) G. GILSON : *The spermatogenesis of the acarids and the laws of spermatogenesis in general*. British association for the advancement of Science. Reports, 1887.

particulière à certains groupes seulement, car les modes les plus divers de division cellulaire s'observent dans les cellules-mères des divers groupes. Il en serait de même si l'on voulait spécifier le mode de différenciation de la cellule spermatique, car rien n'est plus varié.

La chimie cellulaire, qui a encore tant de progrès à réaliser, nous décèlera peut-être un jour un caractère essentiel à cette cellule; mais en attendant, nous le répétons, c'est sa fonction physiologique qui en constitue seule la note caractéristique, et celle-ci n'a rien de commun avec les lois morphologiques.

On ne peut donc déterminer cette formule davantage sans qu'elle cesse d'être générale.

Voici qu'elle est sa signification. Chez tous les êtres la formation du spermatozoïde est un cas particulier de la genèse et de la différenciation cellulaire; ses détails sont très variables et elle n'est réglée que par les lois encore inconnues qui règlent tous les cas particuliers de genèse et de différenciation.

Mais s'il n'est pas possible d'énoncer la loi générale s'appliquant à tous les êtres, il est évident que l'on peut néanmoins faire de la comparaison et de la synthèse d'une manière plus restreinte.

En considérant les phénomènes dans leur ensemble, on pourrait peut-être établir des groupes caractérisés par la similitude des phénomènes principaux de la genèse et de la différenciation spermatique, et formuler les *lois particulières de la spermatogénèse*, propres à chacun de ces groupes. Le résumé que nous avons donné à la suite du chapitre des *Acariens* est un exemple de loi particulière qui régit la spermatogénèse des *Gamasides*.

Nous avons démontré suffisamment, pensons-nous, l'impossibilité d'établir une pareille loi pour l'embranchement des arthropodes. Ce groupe nous avait d'ailleurs toujours paru celui de tous où l'on observe la plus grande variété et les plus grandes divergences entre les ordres, les familles et les genres. Notre prévision s'est trouvée amplement confirmée par nos résultats.

Mais il y a beaucoup à faire pour les groupes moins vastes dans la voie que nous venons d'indiquer; et ce travail nécessitera de longues et minutieuses recherches. Il faudra non seulement fouiller les régions encore inexplorées du règne animal, mais encore contrôler les conclusions publiées jusqu'ici. En effet, il n'est que trop vrai que beaucoup de travaux laissent à désirer sous divers rapports.

Plusieurs savants, par exemple, tirent des conclusions générales sans

avoir fait d'études comparées suffisantes. Pour être en droit de synthétiser, il faudrait peut-être avoir poussé l'analyse jusqu'aux genres et jusqu'aux espèces; car les caractères cytologiques, ceux des cellules spermatiques en particulier, sont loin d'être réglés par les divisions taxonomiques. Ainsi, par exemple, chez les chilognathes nous avons constaté une différence profonde entre le spermatozoïde globuleux du genre *Iulus* et le spermatozoïde filamenteux du genre *Blaniulus* qui appartient à la même famille des *Iulides*, et, parmi les chilopodes, nous avons signalé des différences non moins importantes entre le spermatozoïde du *Lithobius* et celui de la *Scolopendra*.

En outre, peu d'auteurs ont compris que toute recherche spermatogénétique doit être poursuivie au point de vue cytologique, c'est-à-dire en tenant compte, dans l'interprétation des faits, de toutes les données fournies par l'étude générale et comparée de la cellule.

On eût cependant évité ainsi beaucoup de faux aperçus; on eût évité surtout la création d'une foule de termes techniques inutiles, et qui ne correspondent pas à la nature réelle des objets.

Résumons notre pensée.

Nous possédons aujourd'hui assez de faits pour affirmer qu'il est impossible de formuler une loi générale de la spermatogénèse plus explicite que celle-ci : *le spermatozoïde est une cellule particulière, diversement différenciée suivant les êtres auxquels il appartient.*

La cellule spermatique suit le sort de toutes les autres cellules; jeune d'abord, elle se différencie ensuite pour passer à l'état adulte. Les cellules somatiques se multiplient pendant leur jeune âge. Il en est de même de la cellule testiculaire, seulement ses modes de multiplication sont peut-être plus variés; rappelons la segmentation binaire exogène ou endogène, la division avec cellule-reste, la formation des plasmodiums et la division par séparation auxquels ils peuvent donner lieu, etc. Mais ce ne sont là que des particularités de la division cellulaire, qui se retrouvent chez beaucoup d'autres cellules. Ainsi la segmentation endogène se voit chez les champignons, chez certains protozoaires, comme les coccidies, etc. La division simultanée existe chez les végétaux; la division avec cellule-reste enveloppante se constate dans les cellules de la moëlle des os, aussi bien que dans les métrocytes testiculaires. La forme vésiculeuse, à une assise de cellules, que nous avons signalée dans les colonies spermatiques, se rencontre dans le blastoderme de beaucoup d'animaux et dans certaines colonies d'algues inférieures.

A un moment donné, la multiplication des cellules testiculaires s'arrête avec la formation des cellules spermatiques. Alors celles-ci se différencient, c'est-à-dire subissent des modifications diverses, suivant les groupes et les espèces animales. N'en est-il pas de même de toute autre cellule? La différenciation s'y fait également à tous les degrés dans la série organique. Elle y est bien souvent aussi profonde que dans la cellule spermatique: témoins les fibres élastiques, nerveuses ou musculaires, les cellules du cristallin et de la rétine, etc., les tissus stéréomateux et vasculaires des végétaux, etc., etc.

Le développement de la cellule spermatique suit donc la loi générale imposée à toute cellule. La cellule spermatique et les spermatozoïdes sont un seul et même élément, considéré à deux époques ou à deux états différents.

Récemment VOIGT⁽¹⁾ a proposé de remplacer les termes cellule spermatique ou spermatocyte, par *spermatide*, et spermatozoïde par *spermato-some*. Cette innovation adoptée par DE LA VALETTE et d'autres auteurs est plus nuisible qu'utile, comme d'ailleurs toute complication du langage scientifique.

Si l'on s'engage dans cette voie de nomenclature nouvelle, pourquoi restreindre l'usage de celle-ci à la seule cellule spermatique. Pourquoi ne pas l'appliquer à tous les genres de cellules, qui toutes passent par les mêmes étapes de développement, et inventer des termes techniques particuliers pour en marquer le jeune âge et l'état adulte?....

Du reste, le terme -spermatozoïde-, proposé par DUVERNOY pour désigner l'état adulte de la cellule spermatique, peut être conservé sans inconvénient; sa signification est connue de tout le monde, et il a la priorité sur le mot -spermato-some- qui est loin d'être plus significatif.

Ainsi, ni la genèse, ni le développement, ni les caractères morphologiques ne distinguent la cellule mâle des autres cellules. La seule note qui la caractérise, c'est sa fonction, ou son rôle physiologique : *le spermatozoïde est une cellule spéciale, apte à se fusionner avec la cellule-œuf pour la féconder*. Mais, sous ce rapport encore, la cellule-spermatozoïde ne fait pas exception à la règle générale, car toutes les cellules différenciées ont une fonction particulière.

(1) W. Voigt : Ueber Ei und Samenbildung bei Branchiobdella; Arbeiten aus dem zool.-zoot. Institut, Würzburg, 1887, Bd. VII.

Nous soutenons donc qu'il n'existe pas encore de loi générale de la spermatogénèse.

En effet, La formule que nous venons d'analyser n'a nullement cette valeur. Dire que *la formation du spermatozoïde ne comprend que des phénomènes de genèse et de différenciation cellulaires*, ce n'est pas formuler la loi de la spermatogénèse; c'est tout simplement affirmer de la cellule spermatique, ce que l'observation nous oblige d'affirmer de toute espèce de cellules. On doit dire de toute cellule adulte que son développement comprend des phénomènes de genèse et de différenciation.

Pour établir une loi générale de la spermatogénèse, il faudrait constater que la formation du spermatozoïde s'accompagne toujours de faits qui lui sont propres et qui la caractérisent. Car une loi, pour mériter ce nom, doit exprimer les conditions nécessaires d'un phénomène; la simple affirmation d'un fait n'est pas une loi.

Or nous croyons avoir démontré que notre formule est la seule qui puisse s'appliquer dans toute sa généralité au développement de la cellule spermatique.

En effet, l'étude comparée des faits ne nous en révèle aucun qui soit caractéristique du spermatozoïde, et qui se retrouve d'une manière constante chez tous les êtres.

On voit donc qu'il est impossible d'énoncer à présent la loi générale de la spermatogénèse.

Sans doute, il existe une pareille loi gouvernant la genèse et la différenciation de la cellule spermatique dans toute la série organique. Mais cette loi nous échappe; elle résulte des propriétés essentielles de cette cellule et de la substance organisée en général, propriétés sur lesquelles nous ne possédons encore que des données extrêmement vagues et hypothétiques.

Chercher à établir une loi générale dans ces conditions, c'est sortir du domaine de l'observation; c'est vouloir deviner la nature qui se rit de notre ignorance et de l'étroitesse inévitable de nos formules et de nos schémas. Quant à nous, au lieu de nous livrer à des hypothèses hasardées et inutiles, nous nous contenterons de répéter ces paroles que le poète applique aux Néréides et que nous avons placées en tête de ce travail, parce qu'elles s'appliquent admirablement aux cellules reproductrices :

..... Facies non omnibus una,
Nec diversa tamen, qualem decet esse sororum.

OVIDE, Mét., liv. 11, v. 13.

Louvain, 31 octobre 1887.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI.

Gamasides : fig. 806 à 830. — Helops : fig. 831 à 839.
— Necrophorus : fig. 840 à 842. — Locusta : fig. 843 à 853. —
Cossus : fig. 854 à 866. — Arctia : fig. 867.

Gamasus :

Espèce de la *Silpha obscura*.

FIG. 806. Métrocyte bisegmentée; dans la cellule fille supérieure le noyau est reconstitué; dans l'inférieure, le nucléole-noyau est encore plongé librement dans le cytoplasme.

FIG. 807. Cellule spermatique. Le cytoplasme entourant le noyau a déjà pris l'aspect granuleux du caryoplasme, mais la membrane du noyau proprement dit ne s'est pas encore formée.

FIG. 808. Cellule spermatique complète.

FIG. 809. Stade ultérieur; la cellule s'allonge; le noyau est encore intact.

FIG. 810. Stade ultérieur; le noyau proprement dit s'allonge; en même temps il perd déjà son aspect granuleux et s'incruste d'une substance hyaline.

FIG. 811. Stade plus avancé.

FIG. 812. Cellule spermatique subissant un allongement hâtif; la membrane nucléaire n'est pas encore reformée.

FIG. 813. Stade ultérieur. Le protoplasme est devenu moins granuleux, excepté au centre où se forment des granules réguliers.

FIG. 814. Stade ultérieur. Coupe optique. Le contenu du noyau est coagulé. Toute la portion antérieure du cytoplasme renferme des granules disposés assez régulièrement.

FIG. 815. Stade ultérieur; cellule vue en surface. Sa membrane porte des stries longitudinales.

FIG. 816. Coupe transversale de la cellule précédente, faite dans la région du noyau. Les stries longitudinales apparaissent comme des côtes saillantes à la face interne de la membrane.

Espèce du *Necrophorus variegatus*.

FIG. 817. Jeune spermatozoïde; les stries longitudinales s'organisent dans le réticulum qui tapisse la membrane. Le noyau contient un coagulum allongé.

FIG. 818. Spermatozoïde mûr.

Espèce du *Bombus lapidarius*.

FIG. 819. Spermatozoïde non encore achevé et ayant subi l'action de l'eau. Sa membrane est fortement dilatée; ses stries longitudinales se sont dédoublées et segmentées en points séparés, excepté en certains endroits où le dédoublement seul s'est opéré.

FIG. 820. Spermatozoïde brisé.

FIG. 821. Spermatozoïde vu en partie en coupe et en partie en surface. La portion coupée montre la structure grossièrement granuleuse du cytoplasme; l'autre moitié porte le réticulum dans lequel les stries doivent se former.

FIG. 822. Spermatozoïde mûr.

FIG. 823. Coupe du précédent.

FIG. 824. Spermatozoïde pris dans la femelle; les stries longitudinales sont festonnées.

Espèce du *Necrophorus germanicus*.

FIG. 825. Jeune spermatozoïde.

FIG. 826. Stade ultérieur; le nucléole-noyau commence à sortir du noyau.

FIG. 827. Stade ultérieur; le nucléole-noyau sort à demi de la cellule.

FIG. 828. La position du noyau indique un stade un peu plus avancé que le précédent: des stries transversales formant probablement une spirale ont apparu dans la moitié inférieure.

FIG. 829. Un même spermatozoïde mûr vu dans deux positions différentes.

FIG. 830. Spermatozoïde mûr dont le nucléole-noyau a été détaché artificiellement.

Helops caraboides.

FIG. 831. Cellule spermatique vivante; dans le cytoplasme se voit la vacuole qui accompagne le premier rudiment du fil axial.

FIG. 832. Stade ultérieur; un tronçon assez long du fil axial est déjà formé et se voit enrobé dans la vacuole (fixation par l'acide osmique).

FIG. 833. Stade ultérieur; le fil est encore plus long, et la vacuole s'est dilatée.

FIG. 834. Stade ultérieur; le fil axial est en partie sorti de la vacuole.

FIG. 835. Stade ultérieur; la vacuole a pris une forme irrégulière et a perdu ses contours nets.

FIG. 836 et 837. Stades ultérieurs; le fil axial est enroulé en ressort dans un vaste espace vacuolaire.

FIG. 838. Stade ultérieur; la cellule spermatique a déjà subi l'étirement unipolaire, et le fil axial est en partie engagé dans le prolongement.

FIG. 839. Cellule spermatique allongée présentant deux vacuoles très nettes, semblables à celle de la FIG. 832, sur le trajet du filament axial unique.

Necrophorus variegatus.

FIG. 840. Cellule spermatique; la vacuole, homogène à frais comme celle de la FIG. 831, montre après l'action de l'acide osmique un coagulum irrégulier qui englobe le premier rudiment du fil axial.

FIG. 841. Stade ultérieur.

FIG. 842. Stade ultérieur.

Locusta viridissima.

FIG. 843. Cellule spermatique vivante; vacuole d'aspect homogène.

FIG. 844. Cellule spermatique au même stade, traitée par l'acide osmique en vapeur; la vacuole contient un coagulum irrégulier.

FIG. 845. Stade ultérieur; le fil axial apparaît nettement dans la vacuole (fixation par l'acide osmique).

FIG. 846. Stade ultérieur; le cytoplasme loge deux vacuoles dont la destination est diverse; l'une contient le rudiment du fil axial; l'autre est homogène et servira à la formation des crochets procéphaliques.

FIG. 847. Stade ultérieur; la vacuole procéphalique occupe sa position définitive au pôle du noyau qui est opposé à celui où le fil axial se trouve fixé avec sa vacuole.

FIG. 848. Stade ultérieur; le fil axial s'est déroulé; la vacuole s'est déchiquetée.

FIG. 849. Stade ultérieur; prolongement très développé; la vacuole ne s'est pas déchiquetée, mais s'est allongée tout en conservant des contours nets.

FIG. 850. Cellule spermatique à deux vacuoles qui logent toutes deux un rudiment très débile du filament axial (fixation par l'acide osmique en vapeur).

FIG. 851. Cellule à deux vacuoles de même nature, mais plus jeune; après la fixation, le rudiment du fil axial ne se montre pas encore nettement dans le coagulum irrégulier.

FIG. 852. Cellule à trois vacuoles — une vacuole procéphalique homogène; deux autres avec fil axial enroulé.

FIG. 853. Stade ultérieur; les deux vacuoles à fil axial se sont allongées en gardant leurs contours nets; dans cet état elles figurent les deux prétendus fuseaux de DE LA VALETTE ST GEORGE

Il ne nous a pas été possible de décider s'il y a deux fils axiaux distincts dans la queue des spermatozoïdes dérivant des cellules à deux vacuoles.

Cossus ligniperda.

FIG. 854. Cellule-mère destinée à former une colonie.

FIG. 855. La même après la caryocinèse.

FIG. 856. La même un peu plus tard; l'un des noyaux prend l'aspect des noyaux quiescents.

FIG. 857. La même après la caryodiérèse. Celle-ci s'est effectuée de manière à individualiser nettement la cellule qui contient le noyau non différencié et qui s'est entouré d'une membrane propre; l'autre noyau demeure contenu dans une masse de protoplasme dépourvue de membrane du côté qui avoisine la nouvelle cellule. La cellule interne est la première cellule proliférative; la grande cellule, comprenant la membrane de la métrocyte, la partie de son protoplasme non employé et le noyau modifié, constitue la *cellule-reste*.

FIG. 858. Métrocyte contenant un noyau en cinèse.

FIG. 859. Cellule présentant sans doute un stade ultérieur; on y voit deux petits noyaux et un troisième plus volumineux.

FIG. 860. Stade ultérieur. Le gros noyau s'est circonscrit une cellule, et la cellule-reste contient les deux petits noyaux.

FIG. 861. Métrocyte multinucléée contenant quatre noyaux quiescents et un noyau non encore modifié.

FIG. 862. Métrocyte à quatre noyaux non modifiés.

FIG. 863. Jeune colonie à trois cellules prolifératives, et une cellule-reste avec un seul noyau quiescent. Cette colonie dérive peut-être du stade précédent par plasmodiérèse simultanée et passage de l'un des noyaux à l'état quiescent.

FIG. 864. Jeune colonie à trois cellules prolifératives; sa cellule-reste a six noyaux quiescents.

FIG. 865. Colonie plus avancée.

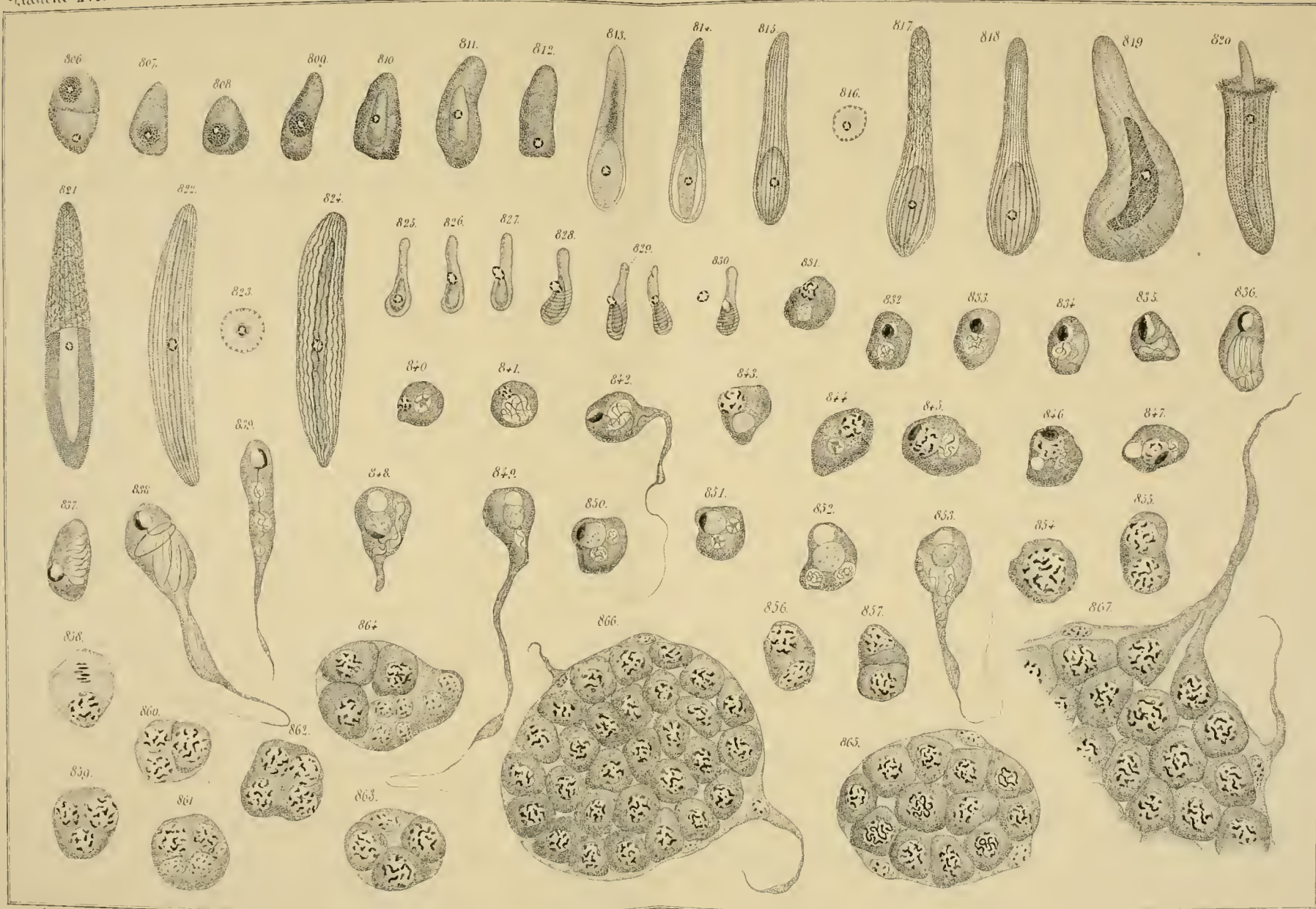
FIG. 866. Colonie plus développée portant deux prolongements intéressant le protoplasme de la cellule-reste tout seul.

Arctia fuliginosa.

FIG. 867. Colonie volumineuse; l'un des prolongements contient non seulement du protoplasme de la cellule-reste, mais encore deux prolongements appartenant à des cellules proliférantes.

Gamasides. Helips. Microphorus. Leucista. Cessus. Arctia.

Plaque XVI.



BIBLIOGRAPHIE

- Balbani* : Arch. d. Sc. nat., 5^e série, Tome II, p. 74, 1869. Mémoire sur la génération des aphides.
- Bessels* : Zeit. f. wiss. Zool., B. 17, 1867. Studien üb. d. Entw. d. Sexualdrüsen bei den Lepidopteren.
- Biondi* : Die Entwicklung der Spermatozoiden; Arch. f. mik. Anat., Bd. XXIV, 1885.
- H. Blanc* : Anatomie et Physiologie de l'appareil sexuel mâle des phalangides; Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences nat., Lausanne, 1880, 2^e Série, Vol. XVII, p. 49, PL. IV à VI.
- Blomfield* : Quaterly Journal of Micr. Science; July, 1881.
 » » » » » April, 1883.
- Butschli* : Zeit. f. wiss. Zool., Bd. 21, 1871.
- J. B. Carnoy* : Manuel de Microscopie.
 » La Cytodiérèse de l'œuf; Revue « La Cellule », T. III, 1^e fascicule.
 » Biologie cellulaire, p. 225.
 » Revue « La Cellule », T. II, 2^e fascicule.
 » Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons, PL. IV, flg. 3, 4, 5; Gand, 1870.
- Claparède* : Studien an Acariden; Zeit. f. wiss. Zool., 1868.
- L. Claus* : Traité de Zoologie (Trad. franc., par Moquin-Tandon, sur la 4^e édition allemande).
- de la Valette St-George* : Arch. f. mik. Anat., 1878, T. XV, p. 308 (Conclusions.)
 » Arch. f. mik. Anat., 1857.
 » » » » 1874.
 » » » » 1865, p. 403.
 » » » » 1886 (vierte Mittheilung.)
 » » » » 1887 (fünfte Mittheilung.)
 » Sacram memoriam serenissimi, etc. Bonnae, die III mensis Augusti anni 1883.
- J. Denys* : La Cytodiérèse des cellules géantes et des petites cellules incolores de la moelle des os; La Cellule, T. II, 2^e fascicule.

- H. De Vries* : Plasmolytische Studien über d. Wand d. Vacuolen; Pringsheim's Jahrb., Bd. XVI.
- Dujardin* : Nouveau Manuel de l'observateur au microscope, PL. XI, fig. 21 et PL. III, fig. 22.
- M. Duval* : Journal de Micrographie de Pelletan, 1880, p. 240.
- Duvernoy* : Note sur la génération des mammifères; C. R. de l'Ac. des Sc., 1843, p. 142.
- Fabre* : Ann. des Sc. nat., 4^e série, T. III, 1855.
- P. Geddes et A. Thomson* : History and theory of spermatogenesis; Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 1887.
- G. Gilson* : The Spermatogenesis of the Acarians and the laws of Spermatogenesis in general. British Association for Advancement of Science Reports, 1887.
- Grobber* : Beiträge zur Kenntniss der männlichen Geschlechtsorg. Org. der Dekapoden; Arbeiten aus dem zool. Inst. der Univ. Wien, 1878.
- Hallez* : Embryogénie des dendrocœles d'eau douce, Paris, 1887.
- Hammerschmidt* : Isis von Oken, 1838, p. 258, PL. 4.
- Henking* : Beiträge z. Anat., Entw. und Biologie von Trombidium; Zeit. f. wiss. Zool., 1882.
- Hartsoeker* : Extrait d'une lettre sur la manière de faire les nouveaux microscopes; Journal des savants, 1678, p. 355.
- Henle* : Handbuch der Anatomie des Menschen, B. IX, p. 356.
- Hill* : History of animals, 1752.
- Hermann* : Sur la spermatogénèse des crustacés édriophthalmes; C. R. de l'Ac. des Sc., 1883.
- Kölliker* : Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit; Zeit. f. wiss. Zool., Bd. III, p. 261.
- » Die Bedeutung der Zellkern für die Vorgänge der Vererbung; Zeit. f. wiss. Zool., Bd. XLII, 1885.
- » Beiträge zur Kenntniss der Geschl. und d. Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere; Berlin, 1841.
- » Die Bildung, etc.; Denkschriften der schweiz. Gesellsch. f. die gesamm. Naturwissenschaften, T. VIII, 1846.
- Korschelt* : Ueber einige interessante Vorgänge bei der Bildung der Insekten Eier; Zeit. f. wiss. Zool., XLV Bd.
- Landois* : Arch. f. Mik. Anat., 1866.
- Lespès* : Ann. d. Sc. nat., 4^e série, T. III, 1855.
- Antonii Leeuwenhoek* : Reg. soc. anglic. soc. arcana naturæ detectæ. Edit. novissima, auctior et correctior, Lugd. Batav., 1822.
- Leeuwenhoek* : Observatio de natis e semine genitali animalculis; Philosophical transactions, n° 112, 1677. T. XII, p. 1040.
- F. Leydig* : Traité d'histologie comparée.

- F. Leydig* : Untersuchungen z. Anatomie und Histologie der Thiere; Bonn, 1883, p. 56 et pp. 117 et 571.
- » Beiträge um fein. Bau der Arthropoden; Müller's Archiv, 1855.
- Liljeborg* : De Crustaceis ex ordinibus tribus : cladocera, ostracoda et copepoda in Suevia occurrentibus. Lund., 1853.
- P. Mayer* : Zur Entwicklung der Dekapoden; Jenäische Zeit. f. Naturw., 1877.
- Mayer* : Zeit. f. wiss. Zool., Bd. I, 1849.
- Metschnikoff* : Arbeiten der erst. Versammlung der russischen Naturforscher, 1868, Alth. der Anatomie und Physiologie, § 56.
- Milne-Edwards* : Ann. des Sc. nat., 2^e série, T. XVIII, p. 331, 1842.
- S. Minot* : Journal de micrographie de Pelletan, 1841, p. 71 et 199.
- Needham* : Account of some new microscopical observations, 1745.
- Trad. franc., Leyde, p. 44, Pl. 3 et 4.
- Newport* : On the impregnation of the ovum in the amphibia; Philos. trans., 1850.
- Nussbaum* : Archiv. f. mik. Anat., 1884; Ueb. die Veränderungen, etc., p. 207.
- Pagenstecher* : Beiträge zur Anatomie der Milben, Leipzig, 1860 61.
- Peltier* : Institut, 1838, et C. R., 1840.
- Peters* : Müller's Archiv, 1842, p. 331.
- A. Prenant* : Étude sur la structure du tube séminifère des mammifères; Paris, 1887, Savy.
- » Observations cytologiques sur les éléments séminaux de la Scolopendre et de la Lithobie; La Cellule, T. III, fasc. 3.
- Prévost et Dumas* : Ann. des Sc. nat., tomes I et II, 1824.
- Prévost* : Recherches sur les animalcules spermatiques; C. R. de l'Ac. des Sc., 1840, T. 81.
- Quatrefages* : Expériences sur la fécondation artificielle des œufs d'Hermelle et de Taret; Ann. des Sc. nat., 5^e série, 1850, T. XIII.
- Reichert* : Bericht über die Leistungen, etc.; Müller's Archiv, 1847, p. 17.
- Renson* : Archives de Biologie, 1882.
- Sabatier* : C. R. de l'Ac. des Sc., 9 Février, 1885.
- » » » » 17 Avril, 1882.
- » » » » 29 Janvier, 1882.
- Schurig* : Spermatologia, 1720.
- Schweigger-Seidel* : Arch. f. mik. Anat., 1865, p. 309, Pl. XIX.
- Spichardt* : Beiträge z. Entwickl. der männlichen genitalien und ihrer Ausführgänge bei Lepidopteren; Verh. d. nat. Ver. Jahrg. XXXXIII, 5, Folge, III Bd.
- Stein* : Über die Geschlechtsverhältnisse der Myriapoden; Müller's Arch., 1842, p. 238.

- Stein* : Vergleichende Anatomie der Insekten, 1847, p. 108.
- F. Stuhlmann* : Beiträge zur Anatomie der inneren männlichen Geschlechtsorgane und der Spermatogenese der Cypriden, (Aus dem zoologischen Institut zu Freiburg i. B.)
- Swammerdam* : Biblia naturæ, p. 353, Pl. 7.
- O. Terfve* : Recherches sur la spermatogénèse chez *Asellus aquaticus*, p. 26.
- P. J. Van Beneden* : Recherches sur la faune littorale de Belgique; Mém. de l'Acad. de Belgique, T. XXXIII, p. 51.
- W. Voigt* : Ueber Ei und Samenbildung bei *Branchiobdella*; Arbeiten aus dem zool.-zoot. Institut, Würzburg, 1885. VII Bd.
- Von Ebner* : Untersuchungen über den Bau der Samenkanälchen und die Entwicklung der Spermatozoïden, Leipzig, 1871.
- Von Siebold* : Neuesten Schriften der naturf. Geselsch zu Dantzig, 1839, T. III, Heft 2, p. 36.
- » Müller's Archiv, 1836, p. 30. — Ueber die Spermatozoïden der Locustinen; Nov. Act. Acad. C. L. C. nat. Curios., T. XXI, p. 250, Pl. XIV, 1845.
- Rud. Wagner* : Müller's Archiv, 1836, p. 225.
- Wagner et Leuckart* : Todd's Cyclopædia of Anatomy, London, 1852, art. Semen.
- Weismann* : Zeit. f. wiss. Zool., 1864.
- Wielowiejski* : Archives slaves de biologie, 1886. Fascicule 7, Tome II, p. 30.
- Zacharias* : Botan. Zeitung, 1881, p. 827 et 846.
- Zenker* : Ueber *Asellus aquaticus*; Arch. f. Naturgeschichte, 1852.
-

TABLE ALPHABÉTIQUE DES GROUPES ET DES ESPÈCES.

	1 ^{er} MÉMOIRE.	2 ^e MÉMOIRE.	3 ^e MÉMOIRE.
Acauthonyx lunulatus,		164	
Agelena labyrinthica,	130, 134		
Agrion,	97		
Allorchestes Nilssonii,	167		
Amblyteles oratorius,	127		
Amphipodes,	161	112	
Anilocra mediterranea,	160, 161		
Anomala,	83		
Anthoceros,	48		
Aphides,	20, 31		
Aphrophora,	123, 125, 135		
Arachnides,	128		
Aranéides,	18		
Arctia fuliginosa,	26		
Arion rufus,	83		
Armadillo asellus,	160		
Asellus aquaticus,	18, 23, 31, 140, 145, 150, 152, 156, 158	89	36
Astacus fluviatilis,		91, 119, 123, 135, 138	
Atax,			7
Balanus ovularis,		198	
Balanus perforatus,		198, 201	
Blaniulus guttulatus,			
Blatta,	115		
Blatta orientalis,	98		
Bombus,			9
Bombyx,	66		
Bombyx mori,	73		
Brachyures,		172	
Buthus occitanus,	130		
Calosoma inquisitor,	85, 127,		
Carabus auratus,	84, 93,		
Carabus auronitens,	84, 93,		
Carabus purpurascens,	84, 93,		

	1 ^{er} MÉMOIRE.	2 ^e MÉMOIRE.	3 ^e MÉMOIRE.
Carcinus mænas,		123, 161, 173	
Carides,		184	46
Céphalopodes,	27		
Cercopis spumaria,	29, 125		
Chelonia,	58, 59		
Chilognathes,	28	203	
Chilopodes,	39	208	
Cincinnura,	28		
Clibanarius misanthropus,		123, 154, 157	
Clubiona,	134, 138	174	48
Coléoptères,	13, 28, 73		
Cossus,			22, 26
Crangon vulgaris,		184	
Crangon cataphractus,		184	
Crustacés,	22, 140	83	
Cyclops castor,	28		
Cypris punctata,			13
Cypris monacha,			13
Cyprois,	25, 31		
Décapodes,		115	
Decticus verrucivorus,	16, 28, 97, 100, 115, 117, 122, 126	191	
Diptères,	25, 31, 94		
Dorippe lanata,		123, 164	
Dromia vulgaris,		123, 164	
Ecrevisse,	25, 31		
Edriophthalmes,	22, 27, 140	83	
Eimeria,			40
Epeira,	18, 134		
Ethusa mascarone,		123, 165, 186	
Eupagurus meticulosus,		174	
Eupagurus Prideauxii,		119, 121, 123, 156, 174	
Feronea anthracina,	74, 76, 81, 92, 93		
Feronea nigerrima,	76, 77		
Forficula,	97, 115		
Galathea squammifera,		119, 121	
Galathea strigosa,	28	123, 160	
Gamasides,			
Gamasus,			9
Gammarus locusta,		112	36
Gammarus pulex,	140, 161, 162, 163, 164, 165, 166		
Geophilus,	39, 54		
Geotrupes,	83, 125		
Glomeris,	39, 311		45, 47

	1 ^{er} MÉMOIRE.	2 ^e MÉMOIRE.	3 ^e MÉMOIRE.
Grenouille,	24		
Grillon,	28		
Gryllotalpa,	97		
Gryllus,	97, 115, 116, 117		
Helix,	20, 21		
Helops caraboïdes,	79, 87, 91, 92, 126		46
Hémiptères,	123		
Hippoboscides,	94	123, 148	
Homarus vulgaris,	123		
Hydrometra,	74, 77, 80		
Hydrophilus piceus,	96		
Hydrophora,			
Idotea entomon,		112	
Idotea hectica,	160	112	
Idotea tricuspidata,	160	112	
Ilia nucleus,		172, 173	
Inachus scorpio,		123, 162, 172, 173	
Insectes,	12, 19, 23		
Isoctes,	48, 56		
Isopodes,	13, 30, 31, 140	89	
Iulides,		206	
Iulus,	39	203, 207	
Iulus sabulosus,		206, 207	
Ixodides,			7, 12
Ixodes testudinis,			7
Ixodes ricinus,			7
Lampyrus noctiluca,	83		
Lepas anatifera,		198, 202	
Lepas pectinata,		198	
Lépidoptères,	13, 17, 29, 30, 58		
Libellula,	12, 97		
Libellula depressa,	103, 114, 115, 131, 135, 139		54
Libellulides,	97		
Liparis,	58		
Lithobius,	17, 32, 39, 40, 69, 70, 71, 125		32, 35
Locusta viridissima,	28, 97, 115		
Locustides,	16, 22, 29, 31, 37		
Loricera,	87, 91, 92		
Lucilia cæsar,	94		
Lupa hastata,		172, 173	
Lycosa,	134		
Lysianassa spinicornis,	167		
Lysmata seticaudata,		184, 187	

	1 ^{or} MÉMOIRE.	2 ^e MÉMOIRE.	3 ^e MÉMOIRE.
<i>Maja verrucosa</i> ,		123, 126, 135, 162, 172	
<i>Meconema</i> ,	115		
<i>Meloe variegatus</i> ,	79		
<i>Melolontha</i> ,	19, 83		
<i>Mucor</i> ,	31		
<i>Myriapodes</i> ,	16, 29, 39,	203	
<i>Mysis</i> ,		193	
<i>Necrophorus</i> ,	83		
<i>Necrophorus variegatus</i> ,			9
<i>Necrophorus germanicus</i> ,			10
<i>Nepa</i> ,	123, 125,		
<i>Névroptères</i> ,	126		
<i>Nika edulis</i> ,		184	
<i>Notonecta glauca</i> ,	123, 125		
<i>Œdipoda</i> ,	115		
<i>Oiseaux</i> ,	12, 13		
<i>Omasius leucophthalmus</i> ,	28		36
<i>Oniscus asellus</i> ,	140, 142, 156, 157		
<i>Oniscus granulatus</i> ,	160		
<i>Oniscides</i> ,		103	
<i>Ornithobia cervi</i> ,	94, 95, 97		19
<i>Orthoptères</i> ,	97		40
<i>Orthospora</i> ,			
<i>Pagiura</i> ,	28		
<i>Paguristes maculatus</i> ,		119, 121, 123, 158	
<i>Pagurus bernhardus</i> ,	28		
<i>Pagurus callidus</i> ,		123, 151, 174, 175	
<i>Pagurus striatus</i> ,		123, 151, 174, 175	
<i>Palemon rectirostris</i> ,		118	
<i>Palemon vulgaris</i> ,		184	
<i>Paludina vivipara</i> ,	160		
<i>Panorpa</i> ,	126		
<i>Periplaneta orientalis</i> ,	115		
<i>Phalangides</i> ,	21, 30		
<i>Phalangium longipes</i> ,	139		
<i>Phryganea pilosa</i> ,	126		
<i>Pieris brassicæ</i> ,	32, 72		
<i>Pimpla manifestator</i> ,	126		
<i>Poissons</i> ,	12		
<i>Polydesmus complanatus</i> ,	39	203, 205	30, 46
<i>Porcellana platycheles</i> ,		121, 169, 172	
<i>Porcellio dilatatus</i> ,		110	18
<i>Portunus holsatus</i> ,		173	
<i>Portunus depurator</i> ,		173	
<i>Procrustes coriaceus</i> ,	84		

	1 ^{er} MÉMOIRE.	2 ^e MÉMOIRE.	3 ^e MÉMOIRE.
<i>Ranatra linearis</i> ,	19		
<i>Saltatoria</i> ,	97, 116		
<i>Scolopendra dalmatica</i> ,		183, 208	
<i>Scolopendra morsitans</i> ,			55
<i>Scolopendrides</i> ,	28	308	
<i>Scorpion</i> ,	20, 25, 31		
<i>Scyllarus</i> ,		121	
<i>Silpha thoracica</i> ,	93		
<i>Sphæroma fossarum</i> ,	160		
<i>Sphæroma serratum</i> ,	160		
<i>Sphinx porcellus</i> ,	19		
<i>Sphodrus terricola</i> ,	28		
<i>Spirulura</i> ,	28		
<i>Squilles</i> ,		188	
<i>Stenorhynchus phalangium</i> ,		123, 164	
<i>Stomatopodes</i> ,		188	
<i>Sycionia sculpta</i> ,		184	
<i>Tegenaria atrica</i> ,	129, 130, 134		48
<i>Tenebrio</i> ,	19		
<i>Tenthredo</i> ,	126		
<i>Tetragnatha</i> ,	23, 128, 129, 131, 132, 135, 137, 138		
<i>Tetranychus</i> ,			7
<i>Tettigonia</i> ,	28, 125		
<i>Thamnidium</i> ,	96		
<i>Trombidium fuliginosum</i> ,			7
<i>Vannessa urticae</i> ,	18, 58		
<i>Velia currens</i> ,	123, 125		
<i>Xantho rivulosus</i> ,		123, 126, 136, 164	
<i>Yponomeuta variabilis</i> ,	72		

TABLE DES MATIÈRES

PREMIER MEMOIRE.

INTRODUCTION.

	PAGES
I. Division adoptée dans ce travail	11
II. Historique de la spermatogénèse en général	12
III. Historique de la spermatogénèse des arthropodes	16
<i>Première étape</i> : Évolution des cellules mères	16
<i>Deuxième étape</i> : Formation des spermatozoïdes	22
<i>Troisième étape</i> : Spermatophores	27
Résumé	29
IV. Terminologie.	
Cellules spermatiques	32
Métrocytes ou cellules-mères	33
Métrocytes primordiales	34
Tête du spermatozoïde	35
Segment procéphalique	36
Noyau femelle	36
Spermatophores	36
Capsules à spermatophores	37

PREMIÈRE PARTIE.

OBSERVATIONS.

I. MYRIAPODES

Chilopodes	39
Aperçu historique	39
Méthode	40
<i>Première étape.</i>	
Description des métrocytes	41
1. Protoplasme	41
2. Noyau	41
3. Membrane	42

Contenu du testicule	42
Genèse des cellules spermatiques	43
Résumé	48
<i>Deuxième étape.</i>	
1° Changement de forme de la cellule spermatique	49
2° Différentiations internes	49
a) Phénomènes qui ont pour siège le noyau	49
b) Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme	51
1. Fil axial	51
2. Spirale	52
Résumé	54
<i>Troisième étape.</i>	
Lithobius — pas de spermatophores	54
Geophilus — spermatophores	55

II. INSECTES.

Caractères des trois étapes. — Division	56
Méthode	56

A. Lépidoptères.

Remarques préliminaires	58
<i>Première étape</i>	59
Résumé	67
<i>Deuxième étape</i>	68
I. Changement de forme de la cellule spermatique	68
II. Différentiations internes	69
a) Phénomènes qui ont pour siège le noyau	69
b) Phénomènes ayant pour siège le protoplasme	70
Élément femelle	71
Résumé	72
<i>Troisième étape</i>	73

B. Coléoptères.

Remarques préliminaires	73
<i>Première étape.</i>	74
Résumé	77
<i>Deuxième étape</i>	78
I. Changement de forme des cellules spermatiques	78
II. Phénomènes internes	80
A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau	80
B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme	81
Élément femelle	82
Résumé	83
<i>Troisième étape</i>	84
1° Dissociation des spermatozoïdes	84
2° Groupement en spermatophores	84

A. Spermatophores en bouquet.	.	.	.	.	.	.	84
B. Spermatophores filamenteux.	.	.	.	.	.	.	87
Mouvements des spermatophores	.	.	.	.	.	.	92
Sort des spermatophores	.	.	.	.	.	.	93
C. <i>Diptères.</i>							
Remarques préliminaires	.	.	.	.	.	.	94
<i>Première étape.</i>	.	.	.	.	.	.	94
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	96
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	97
D. <i>Orthoptères.</i>							
Remarques préliminaires	.	.	.	.	.	.	97
<i>Première étape.</i>	.	.	.	.	.	.	97
<i>Deuxième étape.</i>	.	.	.	.	.	.	99
I. Changement de forme de la cellule spermatique	.	.	.	.	.	.	100
II Différentiations internes.	.	.	.	.	.	.	103
A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau	.	.	.	.	.	.	103
B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme	.	.	.	.	.	.	112
Noyau femelle	.	.	.	.	.	.	115
Résumé de la deuxième étape	.	.	.	.	.	.	115
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	123
E. <i>Hémiptères.</i>							
<i>Première étape.</i>	.	.	.	.	.	.	123
<i>Deuxième étape.</i>	.	.	.	.	.	.	123
Élément femelle	.	.	.	.	.	.	125
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	1	125

F. *Névroptères.*G. *Hyménoptères.*

III. ARACHNIDES.

Remarques préliminaires	.	.	.	.	.	.	128
<i>Première étape.</i>	.	.	.	.	.	.	128
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	131
I. Changement de forme de la cellule spermatique.	.	.	.	.	.	.	131
II. Différentiations internes.	.	.	.	.	.	.	132
A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau	.	.	.	.	.	.	132
B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme	.	.	.	.	.	.	137
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	138

IV. CRUSTACÉS.

A. *Crustacés édriophthalmes.*

Remarques préliminaires	.	.	.	.	.	.	140
Méthode	.	.	.	.	.	.	241

1° Isopodes	{ Oniscus asellus	142
	{ Asellus aquaticus	142
Deuxième étape		142
Troisième étape		145
I. Changement de forme de la cellule spermatique		145
II. Différentiations internes		151
A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau		151
B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme		155
Troisième étape		157
Constitution du spermatozoïde adulte		157
État des spermatozoïdes adultes		158
Autres isopodes		160
2° Amphipodes		161
Première étape		161
Deuxième étape		162
I. Changement de forme de la cellule spermatique		162
II. Différentiations internes		162
A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau		162
B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme		165
Noyau femelle		165
Troisième étape		166
Constitution des spermatozoïdes		166
État des spermatozoïdes		166
Autres amphipodes		167
Explication des planches		169
Errata		188

DEUXIÈME MÉMOIRE.

Crustacés édriophthalmes (suite).

Remarques préliminaires	83
Méthode	84
1° <i>Isopodes</i>	89

Asellus aquaticus.

<i>Première étape</i>	89
Résumé	94
Remarque	95
<i>Deuxième étape</i>	95
Résumé	101
<i>Troisième étape</i>	103
Oniscides	103
1° Multiplication des métrocytes et genèse des cellules spermatiques	104
2° Genèse des faisceaux de spermatozoïdes	106
3° Plasmodium et noyaux allongés	109
Autres espèces	111
2° <i>Amphipodes</i>	112
Étude de la première étape à l'aide de coupes transversales	112

B. *Décapodes.*

Travaux antérieurs	115
<i>Première étape</i>	115
GROBBEN	115
HERRMANN	117
NUSSEBAUM	117
SABATIER	117
<i>Deuxième étape</i>	118
GROBBEN	118
HERRMANN	119
NUSSEBAUM	121
SABATIER	121
<i>Troisième étape</i>	121
GROBBEN	121
Observations personnelles	122
Remarques préliminaires	122

Premier groupe.

Résumé des observations	124
<i>Première étape</i>	125
Remarques sur les observations antérieures	136
<i>Deuxième étape</i>	137
Remarques préliminaires	137

Astacus fluviatilis,

A. Modifications du protoplasme	139
1° Vésicule	139
2° Tigelle	144
3° Prolongements plasmatiques	145
B. Modifications du noyau	146
1° Changements de forme	146
2° Modification du contenu nucléaire	146

Homarus vulgaris.

A. Modifications du protoplasme	148
1° Vésicule	148
2° Tigelle	150
3° Prolongements plasmatiques	150
B. Modifications du noyau	151
1° Changements de forme	151
2° Modifications internes	151

Pagurus callidus. — Pagurus striatus.

A. Modifications du protoplasme	151
1° Vésicule	151
2° Tigelle	153
3° Prolongements	155
B. Modifications du noyau	155
1° Changements de forme	155
2° Modifications du contenu	155

Eupagurus Prideauxii.

A. Modifications du protoplasme	156
1° Vésicule	156
2° Tigelle	156
3° Prolongements	156
B. Modifications du noyau	157

Clibanarius misanthropus.

A. Modifications du protoplasme	157
1° Vésicule	157
2° Tigelle	157
3° Prolongements	158
B. Modifications du noyau	158

Paguristes maculatus.

A. Modifications du protoplasme	158
1° Vésicule	158
2° Tigelle	159
3° Prolongements	160
B. Modifications du noyau	160

*Galathea strigosa.**Carcinus mœnas.*

A. Modifications du protoplasme	160
1° Vésicule	161
2° Tigelle	161
3° Prolongements	162
B. Modifications du noyau	162

*Inachus scorio.**Maja verrucosa.*

A. Modifications du protoplasme	163
1° Vésicule	163
2° Tigelle	164
3° Prolongements	164
B. Modifications du noyau	164

*Stenorhynchus phalangium.**Xantho rivulosus.**Acanthonyx lunulatus.**Dromia vulgaris.**Dorippe lanata.**Ethusa mascarone.*

Remarque	166
Troisième étape	166
Constitution des spermatozoïdes	166
Comparaison des spermatozoïdes	168

Etat des spermatozoïdes	169
Spermatophores	171
1° Capsules libres	172
Description	172
Genèse	173
2° Capsules pédiculées	174
Description	174
Genèse	175
Remarques sur le mécanisme de la formation des spermatophores	181

Deuxième groupe : Carides.

Remarques préliminaires	184
<i>Première étape</i>	184
<i>Deuxième étape</i>	185
I. Changement de forme de la cellule spermatique	185
II. Modifications internes	186
A. Noyau	186
B. Protoplasme	186
<i>Troisième étape</i>	187
Remarques	188

C. Stomatopodes.

<i>Première étape</i>	188
<i>Deuxième étape</i>	189
A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau	190
B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme	191
Remarques	191
<i>Troisième étape</i>	192

D. Schizopodes.

Remarques préliminaires	193
<i>Première étape</i>	194
<i>Deuxième étape</i>	194
I. Changement de forme de la cellule spermatique	194
II. Modifications internes	195
A. Noyau	195
B. Protoplasme	196
<i>Troisième étape</i>	196
Remarques	197

E. Cirripèdes.

Remarques préliminaires	198
-----------------------------------	-----

Lepas anatifera.

<i>Première étape</i>	198
<i>Deuxième étape</i>	199
I. Changement de forme de la cellule spermatique	199
II. Modifications internes	200
A. Noyau	200
B. Protoplasme	200
Remarques	200
<i>Troisième étape</i>	201

Balanus perforatus.

<i>Première étape</i>	.	.	.	.	.	.	201
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	201
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	202

MYRIAPODES (suite).

1° Chilognathes	203
-----------------	---	---	---	---	---	---	-----

Glomeris marginata.

<i>Première étape</i>	.	.	.	.	.	.	203
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	204
Changement de forme de la cellule spermatique.	.	.	.	.	.	.	204
II. Modifications internes	.	.	.	.	.	.	204
A. Noyau	.	.	.	.	.	.	204
B. Protoplasme	.	.	.	.	.	.	205
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	205

Polydesmus complanatus.

<i>Première étape</i>	.	.	.	.	.	.	205
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	205
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	206
Iulides	.	.	.	.	.	.	206
<i>Iulus</i> , première espèce	.	.	.	.	.	.	207
<i>Iulus</i> , deuxième espèce	.	.	.	.	.	.	207
<i>Iulus sabulosus</i>	.	.	.	.	.	.	207
<i>Blaniulus guttulatus</i>	.	.	.	.	.	.	207
2° Chilopodes	.	.	.	.	.	.	208

Scolopendra dalmatica.

Remarques préliminaires	.	.	.	.	.	.	208
<i>Première étape</i>	.	.	.	.	.	.	208
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	210
I. Changement de forme de la cellule spermatique	.	.	.	.	.	.	210
II. Modifications internes	.	.	.	.	.	.	211
A. Noyau	.	.	.	.	.	.	211
B. Protoplasme	.	.	.	.	.	.	214
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	214

TROISIÈME MÉMOIRE.

ACARIENS.

Aperçu historique	.	.	.	.	.	.	7
<i>Première étape</i>	.	.	.	.	.	.	8
<i>Deuxième étape</i>	.	.	.	.	.	.	8
<i>Troisième étape</i>	.	.	.	.	.	.	12
Résumé	.	.	.	.	.	.	12

DEUXIÈME PARTIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Introduction	15
I. Aperçu synthétique.	
<i>Première étape</i>	15
Coup d'œil général et division	15
1° Caryodiérèse	17
2° Plasmodiérèse	18
3° Rapports entre la caryodiérèse, la plasmodiérèse et la division de la membrane	18
1 ^{re} Cas : segmentation binaire	18
2° Cas : segmentation endogène	29
3° Cas : Division simultanée	20
Remarques	22
1° La genèse des colonies de dernière génération	22
2° La genèse des métrocytes aux dépens d'un plasmodium chez les décapodes et les stomatopodes	39
3° La genèse du spermatozoïde par simple différenciation	39
4° La genèse particulière des cellules-spermatozoïdes des isopodes	31
5° Genèse anticipée de certains détails des spermatozoïdes dans les métrocytes.	32
6° Phénomènes particuliers qui signalent la première étape chez certains animaux.	35
A. Plasmodium proliférateur des décapodes et stomatopodes	36
B. Fusion plasmodique des édriophthalmes	36
C. Apparition et signification du noyau satellite ou femelle et de la masse de protoplasme qui l'accompagne	37
Résumé	43
<i>Deuxième étape</i>	44
I. Changement de forme de la cellule spermatique	45
1° Élongation	45
2° Modifications dues au développement spécial d'une vacuole	45
3° Formation de prolongements	46
4° Déformation faible	46
II. Phénomènes internes	46
1° Noyau	47
A. Disparition totale	47
B. Conservation intégrale du noyau dans son état primitif	47
C. Dissolution de la membrane et dispersion de l'élément nucléinien dans le protoplasme	47
D. Remaniement complet de sa structure	48
1° Le contenu devient homogène	48
a) Par fusion des fragments nucléiniens	48
b) Par dissolution	48
c) Par déroulement ou étirement	49
2° La membrane se comporte diversement	49
Remarques	50

2° Protoplasme	51
A. Différentiation légère	51
B. Disparition apparente	51
C. Développement spécial d'une vacuole du cytoplasme	52
D. Rebords circulaires des iules	53
E. Prolongements filamenteux	53
F. Queue sans fil axial	54
G. Segment procéphalique	54
H. Fil axial ou hampe	55
1. Détails particuliers de la couche externe du cytoplasme	62
Résumé	62
<i>Troisième étape</i>	63
A. Constitution des spermatozoïdes	63
1° Forme extérieure	63
2° Noyau	63
3° Protoplasme	64
B. État des spermatozoïdes	65
1° Spermatozoïdes libres	65
2° Spermatophores	66
A. Spermatophores primaires	66
B. Spermatophores secondaires	67
Résumé	68

II. Conclusions.

Remarques générales	69
Critique des lois de la spermatogénèse énoncées par les auteurs : KÖLLIKER, REICHERT et HENLE, SCHWEIGGER-SEIDEL, DE LA VALETTE S ^t GEORGE et BALBIANI	70
Coup d'œil synthétique sur les trois étapes	74
<i>Première étape</i>	75
<i>Deuxième étape</i>	75
<i>Troisième étape</i>	76
Conclusion : il est impossible actuellement d'énoncer la loi générale de la sperma- togenèse	76