

I

ÉTUDE COMPARÉE

DE LA

SPERMATOGÉNÈSE

CHEZ LES ARTHROPODES

PAR

G. GILSON

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

(Mémoire déposé le 1 novembre 1884)

..... Facies non omnibus una.
Nec diversa tamen : qualem decet esse sororum.
Ov., Met., Liv. II, §. 13.

A QUI DÉDIERAI-JE CES PREMIÈRES PAGES
SI CE N'EST AU SAVANT MAÎTRE
QUI A DIRIGÉ MES PREMIERS PAS DANS LES VOIES ARDUES DE LA SCIENCE
AVEC UN DÉVOUEMENT AUSSI GÉNÉREUX QU'ÉCLAIRÉ ?

A

Monsieur le Chanoine J. B. CARNOY

PROFESSEUR DE CYTOLOGIE ET DE BOTANIQUE
A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

SON ÉLÈVE DÉVOUÉ ET RECONNAISSANT
G. GILSON

INTRODUCTION

I. DIVISION ADOPTÉE DANS CE TRAVAIL

L'étude comparée des phénomènes multiples dont les cellules testiculaires sont le siège conduit l'observateur à y établir trois étapes, correspondant à autant de périodes dans leur développement. Ces étapes sont les suivantes :

La première comprend l'évolution des cellules-mères.

Elle ne comporte guère que des phénomènes de multiplication cellulaire dont la série, plus ou moins longue, aboutit à une dernière génération de cellules, les cellules spermatiques, qui se transforment directement en spermatozoïdes.

La seconde correspond à la formation du spermatozoïde.

Elle est caractérisée par des phénomènes de différenciation interne, ayant pour siège le protoplasme et le noyau de la cellule spermatique.

Enfin la troisième étape comprend des phénomènes spéciaux qui intéressent les spermatozoïdes achevés.

Ils sont d'espèces diverses et se rapportent, soit à la mise en liberté des spermatozoïdes, soit à leur réunion en spermatophores.

Nous étudierons séparément chacune de ces trois étapes. En adoptant cette division, tant dans l'exposé de nos observations que dans nos conclusions, nous avons pour but d'introduire l'ordre dans notre travail. Nous espérons éviter ainsi au lecteur ces pertes de temps qu'on ne subit que trop souvent en dépouillant la littérature en général, et, si nous osons l'ajouter, celle de la spermatogénèse en particulier. Il nous a paru utile d'adopter la même marche dans l'aperçu historique que nous allons tracer des principales observations qui ont été faites au sujet de la spermatogénèse chez les arthropodes (1).

(1) Nous renvoyons à une publication ultérieure l'exposé de nos observations sur les crustacés, à part les *édriophthalmes*, ainsi que la revue des travaux qui les concernent.

II. HISTORIQUE DE LA SPERMATOGÉNÈSE EN GÉNÉRAL.

Mais avant d'aborder ce sujet nous devons au lecteur quelques mots sur l'histoire de la spermatogénèse en général. Nous ne pouvons nous en dispenser, sous peine de ne pas être compris et de nous exposer à des redites et à des explications continuelles de termes et de choses : l'histoire de la spermatogénèse des arthropodes est tellement liée avec celles des autres groupes qu'il est impossible de l'en séparer tout à fait. Nous nous arrêterons du reste à SCHWEIGGER-SEIDEL, après avoir acquis les notions suffisantes pour nous guider dans l'appréciation des travaux qui font l'objet de notre étude.

Depuis leur découverte, faite en 1677 par LOUIS HAM, les spermatozoïdes n'ont cessé d'être soumis aux observations des naturalistes.

La première description en fut donnée la même année par LEEUWENHOEK(1) auquel LOUIS HAM, simple étudiant, avait fait part de sa découverte.

Ce savant porta ses recherches sur les spermatozoïdes de divers animaux(2); il découvrit ceux des mammifères, des oiseaux, des poissons, des mollusques, et même ceux des insectes (*libellules*).

HARTSOEKER le suivit de près (3); et bientôt les publications sur ces étonnants « *animalcules* » comme on les appelait alors, devinrent fort nombreuses. On peut trouver dans SCHURIG (4) la liste des auteurs qui ont suivi LEEUWENHOEK.

On ne connut pas dès le début leur véritable nature : beaucoup d'observateurs les regardèrent avec LEEUWENHOEK comme constituant, en tout ou en partie, l'embryon animal dans son état le plus rudimentaire, ou bien avec BUFFON, comme des molécules vivantes jouant un rôle dans la fécondation.

Toutefois la plupart des naturalistes, à la suite de HILL (5), les considérèrent comme des animaux voisins des infusoires ou des cercaires.

L'idée de leur individualité spécifique perdit beaucoup de terrain à la suite des expériences, d'ailleurs très concluantes, de PRÉVOST et DUMAS sur

(1) LEEUWENHOEK. *Observatio de natis e semine genitali animalculis*. Philosophical transactions, n^{os} 112, 1677, t. XII, p. 1040.

(2) Antonii LEEUWENHOEK, *Reg. soc. anglic. soc. arcana naturæ detecta. Edit. novissima, auctior et correctior*. Lugd. Batav. 1822.

(3) HARTSOEKER. *Extrait d'une lettre sur la manière de faire les nouveaux microscopes*. Journal des savants, 1678, p. 355.

(4) SCHURIG. *Spermatologia*, 1720.

(5) HILL. *History of animals*, 1752.

la fécondation (1). Néanmoins elle ne fut généralement abandonnée qu'après les travaux de PRÉVOST (2), de KÖLLIKER (3), de NEWPORT (4), de QUATREFAGES (5), etc.

Pendant longtemps on ne s'occupa des spermatozoïdes qu'au point de vue de leur forme, de leur nature, du rôle qu'ils jouent dans la fécondation ou des modifications qu'ils subissent sous l'influence des agents physiques et chimiques, etc.

De leur genèse il ne fut question, ni dans les publications des observateurs, ni dans les longues discussions théoriques auxquelles la science ne fut que trop souvent livrée. D'ailleurs, à cette époque, l'histologie n'existait pas plus que la technique microscopique. Il faut arriver jusqu'en 1836 pour rencontrer les premières indications sur le mode de formation des spermatozoïdes.

C'est en effet dans le courant de cette année que VON SIEBOLD et WAGNER publièrent leurs observations (6).

VON SIEBOLD (7) décrivit chez les coléoptères, les lépidoptères, etc., ainsi que chez les isopodes (*Porcellio scaber*), les faisceaux de spermatozoïdes, en appelant le premier l'attention sur la mince membrane anhyste qui entoure ces faisceaux chez les insectes. Quant au mode de formation des faisceaux à l'intérieur de cette membrane, il dit expressément qu'il ne l'a pas observé. Ajoutons qu'il a mentionné aussi la présence de cellules, grandes et petites, entre les faisceaux spermatiques des isopodes, mais il n'a pas reconnu leur signification. Ses observations étaient donc encore bien insuffisantes.

La même année, R. WAGNER (8) publia des données beaucoup plus complètes et plus précises sur le développement des éléments spermatiques chez les oiseaux.

Après avoir observé que les spermatozoïdes se forment en faisceau dans de grandes cellules, il signale la relation génétique de ces dernières avec les divers éléments cellulaires du testicule, qu'il décrit et figure Taf. IX,

(1) PRÉVOST et DUMAS. Ann. des sc. nat., tom. I et II, 1824.

(2) PRÉVOST. *Recherches sur les animalcules spermatiques*. Comptes rendus de l'Ac. de sc., 1840, t. 81.

(3) KÖLLIKER. *Beitrag zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und des Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere*. Berlin, 1841.

(4) NEWPORT. *On the impregnation of the ovum in the amphibia*. Philos. trans., 1850.

(5) QUATREFAGES. *Expériences sur la fécondation artificielle des œufs d'Hermelle et de Taret*. Ann. des sc. nat., 5^e série, 1850, t. XIII.

(6) Notons cependant, que PELTIER avait déjà fait, en 1835, des observations analogues sur la grenouille; mais il se contenta d'abord d'en présenter la relation à la Société des sciences naturelles dans une communication verbale. Il ne les publia que plus tard : Institut, 1838, et Comptes rendus, 1840.

(7) VON SIEBOLD. Muller's Archiv, 1836, p. 30.

(8) Rud. WAGNER. Muller's Archiv, 1836, p. 225.

a, b, c, d et f. Ces figures représentent assez bien les diverses étapes qui relient la cellule-mère à celle qui organise le faisceau de spermatozoïdes, c'est-à-dire à l'élément qui fut appelé beaucoup plus tard *spermatoblaste* par VON EBNER (1) et *spermatocyste* ou *spermatogemme* par DE LA VALETTE ST-GEORGE (2). Cependant le mode de formation précis du spermatozoïde demeurerait toujours entouré d'obscurité.

Peu à peu la lumière se fit.

Dans un premier travail, publié en 1841, KÖLLIKER (3) admet plusieurs modes de formation.

Tantôt les spermatozoïdes prennent naissance aux dépens (*aus*) d'une cellule-mère qui s'étire en un filament; tantôt ils s'élaborent dans l'intérieur d'une cellule (*in*) par la transformation de son contenu, soit en un seul spermatozoïde, soit en un faisceau de filaments spermatiques. C'est dans ce travail que KÖLLIKER, répudiant comme expression impropre le terme d'animalcules, proposa de donner aux éléments essentiels du sperme le nom de *filaments spermatiques*, (*Samenfäden*).

Ce terme est encore assez usité en Allemagne; mais la désignation de *spermatozoïdes*, proposée par DUVERNOY (4) et qui en réalité s'applique mieux aux formes si diverses que peuvent affecter les éléments spermatiques, l'a néanmoins assez généralement remplacé aujourd'hui dans le langage scientifique.

En 1841 KÖLLIKER ne parle pas du rôle du noyau dans la formation des spermatozoïdes. Mais en 1846 (5) il soutient que le spermatozoïde tout entier se forme à l'intérieur d'un noyau, par une sorte de cristallisation ou de concrétion de son contenu en un corps spiralé: telle serait, d'après lui, la *loi générale de la spermatogénèse*.

Cette loi, attaquée aussitôt par REICHERT (6) ne tarda pas à être modifiée.

En 1854 HENLE (7) montra le premier que le protoplasme de la cellule prend part, aussi bien que le noyau, à la formation du spermatozoïde.

Malgré les observations de HENLE, KÖLLIKER, en 1856 (8), maintient

(1) VON EBNER. *Untersuchungen über den Bau der Samenkanälchen, und die Entwicklung der Spermatozoën, bei d. Säugethiere und bei Menschen*. Leipzig, 1871.

(2) VOIR DE LA VALETTE. *Archiv f. mik. Anatomie*, 1878, tome XV, p. 368 (*conclusions*).

(3) KÖLLIKER. *Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse, und der Samenflüssigkeit wirbelloser thiere*. Berlin, 1841.

(4) DUVERNOY: *Note sur la génération des mammifères*; *Comp. rend.*, 1843, p. 142.

(5) KÖLLIKER. *Die Bildung*, etc. *Denkschriften der schweitz. Gesellsch. für die gesamm. Naturwissensch.*, t. VIII, 1846.

(6) REICHERT. *Bericht üb. die Leistungen*, etc.; *Muller's Archiv*, 1847, p. 17.

(7) HENLE. *Handbuch der Anatomie des Menschen*. B. IX, Lcf. II, p. 356.

(8) KÖLLIKER. *Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit*. *Zeitsch. f. wiss. Zool.* Bd. III, p. 261.

son opinion, en la modifiant toutefois : ce n'est plus seulement le contenu du noyau mais le noyau tout entier qui concourt à la formation du spermatozoïde. En effet, le noyau s'étire à l'un de ses pôles en un filament qui, d'abord plongé dans le protoplasme, devient libre ensuite par la disparition de la paroi cellulaire. Mais l'idée de HENLE devait prévaloir dans la science, grâce aux travaux qui surgirent bientôt.

L'un des premiers en date, et le plus important de tous peut-être, est celui que SCHWEIGGER-SEIDEL publia en 1865 (1).

Dans ce travail remarquable SCHWEIGGER-SEIDEL devance son époque ; car il y définit avec plus de justesse et de précision, non seulement que ses devanciers mais même que beaucoup de ses successeurs, la valeur morphologique des éléments spermatiques. Pour lui en effet les spermatozoïdes ne sont pas de simples productions nucléaires, comme le voulait KÖLLIKER; ils représentent au contraire une *cellule tout entière*, assimilable à une cellule vibratile ne portant qu'un cil.

En analysant minutieusement cette cellule singulière, il y découvre trois parties principales : la *tête*, la *partie moyenne* (Mittelstück), la *queue*; et une partie accessoire, *appendice* de forme variée (Kopfkappe), coiffant l'extrémité de la tête. Or l'application attentive des réactifs les plus divers : acides acétique et chlorhydrique, potasse, glycérine aqueuse, carmins (2), lui décèle la nature de ces divers éléments : la tête représente le *noyau* de la cellule spermatique ; la partie moyenne, le filament caudal et la coiffe ensemble, le *protoplasme* de cette même cellule. Ainsi le « Mittelstück » est une modification du protoplasme comme la queue elle-même, seulement il dérive d'une portion plus volumineuse, située à la base du noyau. Quant à la coiffe, son origine est la même : elle n'est donc pas, comme le pensait KÖLLIKER, un simple reste de la membrane ou de la portion périphérique de la cellule-mère. Enfin il fait observer que cet appendice peut faire défaut, et qu'il tombe facilement, sans entraver toutefois les mouvements du spermatozoïde et sans lui causer le moindre dommage : il ne constitue donc qu'un élément accessoire du spermatozoïde. Toutes ces observations de SCHWEIGGER-SEIDEL sont d'une exactitude frappante. On a ajouté peu de

(1) SCHWEIGGER-SEIDEL. Archiv f. mik. Anat., 1865, p. 309, Pl. XIX.

(2) L'application de la potasse lui fait découvrir que ce réactif enlève de la tête (c'est-à-dire du noyau) la partie qui se colore par le carmin, en laissant en place une portion granuleuse et la membrane périphérique. Sous l'influence de la glycérine diluée, ou de l'acide acétique, la partie moyenne et la coiffe reprennent, pour ainsi dire, l'aspect du protoplasme ordinaire. Chose plus remarquable encore, il a observé que la tête du spermatozoïde se colore plus facilement et plus fortement après qu'elle a été gonflée par l'eau ou les réactifs. SCHWEIGGER-SEIDEL avait donc constaté les principales propriétés de la nucléine avant que MIESCHER ne découvre cette substance (en 1871).

chose à son travail en ce qui concerne les caractères morphologiques et la constitution anatomique des spermatozoïdes (1).

III. HISTORIQUE DE LA SPERMATOGÉNÈSE DES ARTHROPODES.

Nous pouvons maintenant entreprendre avec fruit l'analyse des travaux qui ont été publiés sur la spermatogénèse des arthropodes.

Ainsi que nous l'avons annoncé, nous grouperons les observations des auteurs suivant les rapports qu'elles présentent avec chacune des trois étapes que nous avons marquées, au début de cette introduction, dans le développement des spermatozoïdes.

Depuis 1677, époque à laquelle LEEUWENHOEK découvrit les premiers spermatozoïdes des arthropodes dans les *libellules*, jusqu'en 1836, la science, nous le savons, est restée muette sur le développement de l'élément fécondateur. Rappelons-nous aussi que les observations de VON SIEBOLD concernant les faisceaux spermatiques des insectes, publiées à cette dernière date, ne portaient encore que sur la dernière étape de ce développement. Il fallait aller plus loin.

Première étape : Évolution des cellules-mères.

En 1845, VON SIEBOLD lui-même nous fit connaître, dans son beau mémoire sur les spermatozoïdes des locustiens (2), les cellules-mères des faisceaux spermatiques. Il les décrit et les représente (fig. 2) dans un cul-de-sac du testicule du *Decticus verrucivorus*. Ces cellules sont volumineuses et leurs dimensions augmentent du sommet à la base du cœcum. Elles sont remplies de cellules-filles dont le nombre augmente rapidement. Ces dernières ont un ou plusieurs noyaux (fig. 3) : finalement elles donnent naissance aux spermatozoïdes.

Les cellules-mères observées par VON SIEBOLD sont celles de la dernière génération. La plus jeune de celles qu'il représente renferme déjà plusieurs cellules-filles; il n'a donc point vu comment celles-ci y prennent naissance.

En 1842, STEIN (3) décrivit les spermatozoïdes des myriapodes, et émit en même temps une théorie particulière de la fécondation.

(1) Voir pour leur constitution chimique : ZACHARIAS, *Botan. Zeitung*, 1881, pp. 827 et 846 — et J. B. Carnoy, *Biologie cellulaire*, p. 225.

(2) C. Th. VON SIEBOLD. *Ueber die Spermatozoïden der Locustinen*. *Nov. Act. Ac. C. L. C. nat. curios.*, t. XXI, p. 250, pl. XIV, 1845.

(3) STEIN. *Ueber die Geschlechtsverhältnisse der Myriapoden*. *Archives de MÜLLER*, 1842, p. 238.

Il trouva dans le testicule des *Lithobius* deux espèces d'éléments spermatiques : de grandes cellules munies d'un noyau et d'un nucléole, et de longs filaments.

Il admet que les noyaux naissent les premiers dans le stroma granuleux du testicule par voie autogène. C'est aussi dans ce stroma que s'organise le protoplasme qui vient entourer ces noyaux. Quant aux filaments, STEIN pense qu'ils dérivent également des granules du stroma, mais il ne peut décider s'ils se forment par l'allongement d'un seul granule ou par la fusion d'une série de granules placés bout à bout.

L'examen du contenu de l'ovaire lui montre le même stroma granuleux avec les mêmes filaments, et des cellules ovulaires semblables aux cellules testiculaires. De plus il trouve dans les vésicules copulatives des femelles les filaments et les cellules qu'il avait observés chez le mâle.

De là il conclut que le stroma de l'ovaire aussi bien que celui du testicule, donne naissance à des cellules et à des filaments, et que la fécondation consiste dans le contact d'une cellule testiculaire avec une cellule ovulaire ; les grandes cellules du testicule sont donc des spermatozoïdes. Quant aux filaments, il ne leur attribue qu'un rôle mécanique ; ils servent probablement à assurer le contact du spermatozoïde avec l'œuf.

STEIN est porté à généraliser cette théorie de la fécondation.

En 1847 (1) à la suite de nouvelles observations ses idées changent. Il pense alors que ce sont les filaments qui constituent les spermatozoïdes, et que ces filaments se forment chez le mâle seulement.

MEYER (2), dans son travail bien connu sur les organes génitaux des lépidoptères, admet que les cellules-mères primitives ont pour origine les noyaux libres qu'il a trouvés nageant dans le plasma du testicule. Il pense que ces noyaux s'entourent de protoplasme et constituent les premières cellules testiculaires. Ces cellules sont uninucléées. Cette opinion n'est plus admissible aujourd'hui, pas plus que celle de STEIN, mais elle n'avait rien de contraire aux idées de cette époque où florissait la théorie de SCHLEIDEN sur la genèse des cellules. Il a vu ces cellules devenir multinucléées et il est porté à croire que tous leurs noyaux naissent par division du noyau primitif. Après cela, chacun de ces noyaux s'entoure de protoplasme, et la cellule-mère se trouve contenir autant de cellules-filles qu'elle possédait de noyaux. Il a vu encore que les cellules-filles ainsi formées se rangent à la périphérie de la cellule-mère pour constituer une vésicule creuse, remplie d'un liquide. Chacune des cellules qui constituent la paroi de cette vésicule est pour lui

(1) STEIN. *Vergleichende Anatomie der Insekten*, 1847, p. 108.

(2) MEYER. *Zeit. f. wissen. Zool.*, B. I, 1849.

une cellule spermatique et deviendra un spermatozoïde. MEYER ne décrit pas la formation des spermatozoïdes.

Abstraction faite de son erreur sur l'origine des premières cellules-mères, MEYER a bien compris les phénomènes de la première étape. Chose rare pour son temps, il a bien interprété les phénomènes de la formation endogène. Nous verrons plus loin ce que ces observations présentent de lacunes.

D'après WAGNER et LEUCKART (1) les cellules-mères chez les insectes donnent naissance par voie endogène aux cellules spermatiques qui se transforment en spermatozoïdes. Ils signalent les mêmes phénomènes chez les aranéides (*Epeira*).

Les descriptions qu'ils donnent dans l'Encyclopédie de TODD sont assez peu détaillées.

ZENKER(2) dans son travail sur l'*Asellus aquaticus*, considère comme cellules-mères des spermatozoïdes de petites cellules qui remplissent la partie supérieure des cœcums testiculaires de cet animal. Ces cellules-mères grossissent, puis donnent naissance à un certain nombre de spermatozoïdes sans se diviser.

WEISMANN(3) a, comme MEYER, observé que les cellules-mères donnent naissance, par voie endogène, à des cellules-filles. Celles-ci deviennent ensuite multinucléées, et c'est dans ces cellules multinucléées que se forment les spermatozoïdes : chacune d'elles devient un faisceau. En ce dernier point il se sépare donc de MEYER.

Notons que WEISMANN signale l'existence d'une membrane anhyste autour des colonies de cellules-filles.

LANDOIS (4) a vu chez la larve de *Vanessa urtica*, des colonies de cellules enveloppées dans une membrane commune et qu'il appelle *Hodenzellen*. Il donne le nom de *Hodenkugeln* aux colonies elles-mêmes dont il n'a pas d'ailleurs recherché le mode de formation.

D'après lui, les *Hodenzellen* sont d'abord dépourvues de noyau, mais elles en acquièrent un plus tard par voie endogène. Dans chacune d'elles, il apparaît, dit-il, de nombreuses cellules-filles, et celles-ci se transforment en spermatozoïdes. Quant au mode de formation de ces nouvelles cellules, il n'en parle pas.

En résumé, il a observé, sans les interpréter, les diverses phases de la multiplication des cellules-mères par voie endogène.

(1) ZENKER. *Ueber Asellus aquaticus*. Archiv für Naturgeschichte. 1852.

(2) WAGNER et LEUCKART. Todd's Cyclopedia of Anatomy. London. 1852. Art. *Semen*.

(3) WEISMANN. *Zeits. f. Wissen. Zool.*, 1864.

(4) LANDOIS. *Archiv f. mikr. Anat.*, 1866.

Aussi bien que MEYER et WEISMANN, BESSELS (1) a trouvé que les cellules-mères des spermatozoïdes se multiplient par voie endogène. Mais il a constaté un fait qui avait échappé à MEYER, à savoir : la succession d'au moins deux générations endogènes.

DE LA VALETTE St-GEORGE(2) rend compte, en 1867, à la fin de sa deuxième publication, de quelques observations sur les insectes.

Chez le ténébrion il a vu :

1° Des cystes de grandeur diverse et limités par une membrane pourvue de noyaux. L'action des réactifs lui a permis de constater que cette membrane est formée de cellules rangées les unes à côté des autres, à la façon d'un épithélium. A l'intérieur de cette capsule on trouve des cellules contenant un noyau strié. Ces cellules dans leurs stades les plus jeunes paraissent être en division active. Ainsi pour DE LA VALETTE, les cystes (nos colonies) possèdent une membrane *formée de cellules*, et les cellules centrales des cystes sont seules des éléments spermatiques.

2° Des cellules multinucléées dont certains noyaux présentent des modifications particulières.

3° Enfin, certains cystes dont les cellules possèdent à côté de leur noyau, un corps brillant, et qui constituent les cellules spermatiques.

Il ne rend pas compte explicitement des rapports qui existeraient entre ces trois sortes d'éléments.

En 1874(3) il soutient encore l'existence d'une membrane multicellulaire à l'entour des cystes, et constate que BALBIANI l'admet aussi; seulement BALBIANI a tort de la regarder comme formée par des expansions transversales de l'épithélium, qui seraient venu diviser le tube testiculaire en autant de compartiments qu'on y voit de cystes; cette membrane dérive plutôt de la fusion des cellules périphériques des cystes. C'est sans raison, d'après lui, que BUTSCHLI nie l'existence de cette membrane; il signale le *Tenebrio*, le *Sphinx porcellus*, le *Melolontha* et la *Ranatra linearis* comme étant des objets favorables à son étude. Chez le dernier de ces insectes il trouve la membrane encore existante autour des faisceaux de spermatozoïdes déjà très développés. VON SIEBOLD, MEYER, BESSELS, WEISMANN avaient, dit-il, déjà vu cette membrane. — Cela est exact; mais ces auteurs avaient attribué à cette enveloppe une signification différente.

DE LA VALETTE dit expressément dans ce travail qu'il n'a jamais observé la multiplication endogène des éléments spermatiques chez les insectes, et

(1) BESSELS. Zeits. f. wisscn. Zool. B. 17. 1867.

(2) DE LA VALETTE St-GEORGE. Archiv für mikr. Anat.; 1857.

(3) Archiv f. mikr. Anat., 1874.

il critique à ce propos les figures de BALBIANI. Néanmoins, il admet, contre BUTSCHLI, l'existence de cellules multinucléées, seulement la formation endogène ne s'y accomplit jamais. Ces cellules deviendront des faisceaux de spermatozoïdes, sans que le protoplasme se soit scindé pour se grouper autour de chaque noyau. Chacun de ceux-ci formera la tête d'un spermatozoïde, pendant que la queue s'organisera dans le protoplasme resté indivis de la cellule-mère.

On peut considérer, dit DE LA VALETTE, le protoplasme comme étant divisé virtuellement en autant de territoires qu'il y a de noyaux. La formation des spermatozoïdes dans ces cellules multinucléées ne constitue donc pas, à ses yeux, une exception à la règle générale qui veut que chaque spermatozoïde naisse d'une cellule.

Ainsi, chose assez étrange, nous ne trouvons dans les observations de DE LA VALETTE aucune indication sur l'origine des amas cellulaires, *Kugeln*, qu'il a observés chez les insectes et dont MEYER avait si bien décrit la formation vingt-cinq ans auparavant; et pourtant il a observé les cellules multinucléées! Nous reviendrons sur ce point dans l'exposé de nos observations.

Nous n'avons pu juger du travail de METSCHNIKOFF, (1) publié en russe, que d'après l'analyse résumée qu'en donne DE LA VALETTE ST-GEORGE dans sa publication de 1874. Cet auteur n'y parle des phénomènes de la première étape qu'à propos du scorpion. Nous devons nous borner à mentionner qu'il y a observé la multiplication des cellules-mères par voie endogène.

On trouve dans le beau mémoire de BALBIANI (2) sur la génération des aphides des détails assez étendus sur la formation des spermatozoïdes de ces insectes.

Les premiers éléments qu'il décrit sont des agglomérations de cellules, analogues aux *Kugeln* des auteurs allemands, et qu'il appelle sphères spermatiques. Comme DE LA VALETTE ST-GEORGE, il mentionne et figure autour de ces sphères une membrane formée de cellules, mais il en rapporte l'origine à l'épithélium testiculaire. Il n'a pu déterminer exactement la provenance des cellules qui constituent ces agglomérations sphériques, mais il croit qu'elles naissent, comme chez l'*Helix*, par le bourgeonnement d'une cellule-mère centrale. Ce qui lui fait adopter cette opinion, c'est la disposition rayonnante de ces cellules.

Il ne parle ex professo dans ce travail que des éléments spermatiques

(1) METSCHNIKOFF. *Arbeiten der erst. Versammlung der russisch. Naturforscher*. 1868, *Abth. der Anatomie und Physiologie*, § 56.

(2) BALBIANI. *Annales des sciences naturelles*. 5^{me} Série. Tome II, p. 74, 1869: *Mémoire sur la génération des aphides*.

des aphidiens, mais il professe au sujet des autres groupes d'insectes une opinion identique, basée sur des observations personnelles. C'est même de ces observations qu'il conclut par analogie à l'existence, dans le spermatoblaste des aphidiens, d'une cellule centrale sur laquelle les cellules spermatisques naîtraient par bourgeonnement, en forme de culs-de-sac, c'est-à-dire par le même processus que chez l'*Helix*.

C'est, à notre avis, une tendance exagérée à la généralisation de ce processus qui a fait adopter au savant professeur une opinion qui est certainement erronée, en tant qu'elle s'applique aux insectes. Nos figures, comme celles de MEYER, montrent en effet qu'il n'y a pas de cellule centrale dans les colonies; elles y indiquent au contraire la mise en œuvre de la formation endogène.

BALBIANI a vu les cellules constituantes des sphères spermatisques subir, chacune en particulier, la division endogène et donner ainsi naissance à de petites cellules qui s'organiseront en spermatozoïdes.

La justesse de cette dernière observation ne fait que rendre plus surprenante l'opinion qu'il émet au sujet de la formation des sphères elles-mêmes.

BÜTSCHLI (1) ne s'attache pas à décrire la multiplication des cellules-mères. Il considère celles d'entre ces cellules qui sont multinucléées comme des éléments altérés, et met en doute l'existence d'une membrane entourant les colonies.

BLANC (2) a étudié les phénomènes de la première étape chez les phalangides. Il trouve chez ces animaux l'épithélium du testicule jeune formé de petites cellules qui sont toutes semblables. Plus tard, au contraire, le testicule contient deux espèces de cellules. Les unes sont des cellules de réserve ou cellules folliculaires; les autres sont des cellules actives qui vont sans tarder devenir multinucléées, pour donner naissance à des colonies de vingt à trente cellules-filles. Ces cellules-filles, dit BLANC, sont les spermatozytes de DE LA VALETTE S^t GEORGE. Ceci nous paraît inexact, les spermatozytes de DE LA VALETTE n'étant que les cellules organisatrices des spermatozoïdes, nos cellules spermatisques. Il n'en est pas de même pour BLANC, car, d'après lui, les cellules dont nous parlons vont devenir encore le siège de la formation endogène. En effet le noyau de ces cellules-filles subit des transformations: les granulations qu'il renferme se soudent pour constituer une seule masse homogène qui s'allonge et s'incurve en fer à cheval.

(1) BÜTSCHLI. Zeitsch. für wiss. Zool. B. 21, 1871.

(2) H. BLANC. Anatomie et physiologie de l'appareil sexuel mâle des phalangides. Bulletin de la Société Vaudoise des sciences nat. Lausanne 1880. 2^m^e S., Vol. XVII. p. 49-78, Pl. IV-VI.

Or, ce fer à cheval bientôt se divise en deux, puis successivement en quatre, six et huit petites portions sphériques, qui restent attachées à la membrane nucléaire. Celle-ci se résorbe ensuite, et alors le protoplasme de la cellule entoure chaque noyau, et constitue ainsi une nouvelle génération de très minimes cellules qui se transforment directement en spermatozoïdes. Ce sont donc ces dernières seules, qui dans la nomenclature de DE LA VALETTE, devraient porter le nom de spermatocytes.

Dans une note présentée à l'Académie des sciences dans le but de prendre date, HERMANN (1) décrit la spermatogénèse chez les crustacés édriophthalmes. Cette note n'étant pas accompagnée de figures, il est difficile de s'en rendre un compte exact.

Il décrit sous le nom d'ovules mâles de grandes cellules qu'il considère comme l'origine de toutes les cellules plus petites que le testicule renferme. Il compare ces grandes cellules aux cellules ovulaires de la femelle. Nous verrons plus tard jusqu'à quel point ce rapprochement est exact et cette homologie réelle.

Il dit ensuite que ces cellules deviennent multinucléées : il en a vu qui renfermaient quelques noyaux disposés en rosace. Plus tard, ces cellules se divisent, — il ne dit pas comment, — et donnent naissance à un grand nombre de cellules plus petites qui elles aussi entrent bientôt en prolifération active. Leur multiplication aboutit à la formation des spermatoblastes (nos cellules spermatiques), lesquels se changent en spermatozoïdes.

Deuxième étape : Formation des spermatozoïdes.

La formation des spermatozoïdes chez les insectes a donné lieu aux interprétations les plus différentes.

D'après VON SIEBOLD(2), le noyau et le nucléole de la cellule spermatique des locustiens s'évanouissent au début du phénomène; c'est alors seulement que surgit un filament enroulé qui s'est formé aux dépens du protoplasme cellulaire. Ensuite apparaissent, à un moment donné, deux petits corpuscules de chaque côté de l'extrémité antérieure et renflée du filament; ces deux corps s'allongent l'un vers l'autre et se soudent sous un angle à leur point de rencontre avec le filament : c'est ainsi que prend naissance le singulier crochet qui se remarque sur le spermatozoïde adulte.

1) HERMANN. *Sur la Spermatogénèse des crustacés édriophthalmes*. Comp. rend. de l'Académie des sciences; 1883.

(2) VON SIEBOLD. *Ueber die Spermat.*, etc., 1845; 1. c.

MEYER(1) dans son travail de 1849, déjà cité, ne s'occupe guère de la formation du spermatozoïde. Il dit seulement que chaque cellule spermatique forme un spermatozoïde en s'allongeant, et qu'ainsi un cyste devient un faisceau. Il n'admet donc point l'opinion que KÖLLIKER avait émise récemment(2).

MEYER est, pensons-nous, le premier auteur qui ait signalé le *noyau femelle*, du moins chez les insectes (PL. XV, FIG. 10 et 11.)

WAGNER et LEUCKART(3) ne donnent pas non plus une description détaillée de la formation du spermatozoïde chez les insectes; ils se contentent d'affirmer que les cellules spermatiques deviennent des spermatozoïdes. Chez les aranéides, le noyau s'allonge et sort de la cellule tout en lui restant toujours attaché par une extrémité. Plus tard, la cellule s'atrophie. Si le développement ultérieur est partout le même que chez les tétragnathes, les spermatozoïdes mûrs ont une queue. WAGNER et LEUCKART ont en effet trouvé dans les palpes copulateurs du mâle de cette araignée des spermatozoïdes mûrs, à queue très courte.

Depuis les travaux de ZENKER (4) sur l'*Asellus aquaticus*, publiés en 1852 dans les archives de Troschel, on trouve généralement ce crustacé cité dans les traités généraux (5), à côté de la paludine, parmi les animaux qui possèdent deux formes de spermatozoïdes. Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de ce rapprochement.

ZENKER nous apprend que les deux formes de spermatozoïdes de l'*Asellus* naissent à l'intérieur d'une cellule-mère, après la disparition de son noyau. Pour lui, le noyau ne sert donc pas à l'organisation du spermatozoïde. En ce qui regarde les spermatozoïdes de la première forme il se borne à signaler leur apparition dans la cellule-mère : ce sont de longs filaments réunis en faisceau, qui ne tardent pas à percer la paroi de la cellule par une de leurs extrémités; on trouve alors le faisceau pendant au dehors. Ceux de la seconde catégorie apparaissent dans la cellule-mère sous la forme de sphérules ressemblant à des cellules; et d'où sort un filament qui les rattache à la paroi. Cet appendice filamenteux dérive du noyau qui s'est allongé, et forme la queue du spermatozoïde, tandis que le protoplasme de la cellule en devient la tête qui reste toujours plus épaisse. Ces spermatozoïdes ont la forme d'une massue.

(1) MEYER. L. c., 1849.

(2) Voir plus haut, p. 14.

(3) WAGNER et LEUCKART. Loc. cit.

(4) ZENKER. Loc. cit.

(5) C. CLAUS. *Traité de Zool.* Trad. franç. par MOQUIN TANDON (4^{me} édition allemande.). — FR. LEYDIG. *Traité d'Histologie comparée.*

La description de ZENKER laisse beaucoup à désirer sous le rapport de la clarté.

WEISMANN (1) n'étudie pas non plus en détail la formation du spermatozoïde. Ses observations n'étant pas complètes, il s'abstient d'attribuer d'une manière positive au noyau ou au protoplasme un rôle quelconque dans l'organisation de cet élément. Rappelons que pour lui les spermatozoïdes se forment au sein d'une cellule multinucléée.

EN 1865, DE LA VALETTE S^t-GEORGE (2) admettait que le noyau de la cellule spermatique forme la tête du spermatozoïde, tandis que le protoplasme en forme la queue. Ses idées étaient donc celles de HENLE. Il admet toutefois à cette règle générale une exception : chez la grenouille rousse en effet il n'a pu reconnaître aucune participation du noyau à la formation de l'élément spermatique.

En 1867, il découvre, à côté du noyau, un corps brillant auquel il fait jouer un rôle important dans la formation du spermatozoïde. En effet ce corps, qu'il considère à cette époque comme un dérivé du noyau, forme la partie épaissie (tête) du spermatozoïde. Quant au noyau ordinaire, il disparaît sans prendre aucune part à l'élaboration de l'élément spermatique.

En 1874 (3), à la suite des travaux de METSCHNIKOFF, de BALBIANI, de BÜTSCHLI, ses idées sur l'origine et la fonction de ce corps brillant, qu'il appelle alors *Nebenkörper* (loc. cit. p. 497), se modifient. Loin de le considérer encore comme une formation nucléaire, il le regarde au contraire comme une production particulière du protoplasme, n'ayant par conséquent aucun lien génétique avec le noyau. Son rôle est de former non plus la tête mais le *Mittelstück*, c'est-à-dire la partie qui réunit la tête à la queue; la tête est formée par le noyau. DE LA VALETTE revient donc sur ce point à ses idées de 1865.

LANDOIS (4) ne s'occupe pas spécialement de la formation des spermatozoïdes. Il dit seulement, comme MEYER, que chaque cellule spermatique s'allonge en un spermatozoïde, et qu'ainsi la colonie de cellules, née dans une cellule-mère (Hodenzelle), devient un faisceau de filaments spermatiques.

Pour BESSELS (5) les cellules-mères de troisième génération, après avoir été mises en liberté, deviennent à leur tour multinucléées en augmentant beaucoup de volume et en prenant une forme allongée. Bientôt on voit leurs

(1) WEISMANN. Loc. cit., 1864.

(2) DE LA VALETTE S^t-GEORGE. Archiv für mik. Anat., 1865, p. 403.

(3) L. c.

(4) Loc. cit., 1866.

(5) BESSELS. Loc. cit., 1867.

noyaux présenter des altérations : tout d'abord leur membrane devient moins nette et moins régulière, puis ils se disloquent complètement. On voit alors apparaître à leur place plusieurs petits noyaux. Ces noyaux grossissent, s'allongent et se transforment chacun en un spermatozoïde complet. Pour BESSELS comme pour WEISMANN les spermatozoïdes naissent donc dans une cellule multinucléée; mais BESSELS admet en outre que le spermatozoïde est formé par le noyau seul, sans la participation du protoplasme. Ses idées sur ce dernier point sont donc celles que KÖLLIKER professait en 1856.

Selon METSCHNIKOFF(1) le noyau des cellules spermatiques présente, chez le scorpion, une partie centrale obscure et une partie périphérique claire. C'est la partie centrale qui forme la tête; la partie périphérique disparaît. Ainsi, aux yeux de ce savant, il n'y a qu'une portion du noyau qui concourt à la formation de la tête. La queue est d'ailleurs formée par le protoplasme cellulaire.

Chez l'écrevisse les choses se passent autrement : le noyau disparaît. La partie centrale du spermatozoïde est formée par un corps protoplasmique de forme sphérique, qu'il a observé dans la cellule à côté du noyau, avant la disparition de ce dernier. La partie centrale du spermatozoïde n'est donc pas un noyau.

Chez les diptères, METSCHNIKOFF a observé le même corps plasmatique, et il lui attribue encore le rôle de former la tête du spermatozoïde; ici donc le noyau disparaît également.

Le même auteur a observé un développement assez semblable chez les *Cyproïs*.

Les vues de BALBIANI(2) ont beaucoup d'analogie avec celles de METSCHNIKOFF. BALBIANI admet en effet qu'il y a dans toutes les cellules spermatiques une vésicule blanche qui n'est pas un noyau, mais qu'il assimile à la vésicule embryogène de l'œuf. Elle coexiste avec le noyau. Cette vésicule, en s'allongeant, devient l'extrémité céphalique du spermatozoïde. Pendant ce temps le noyau s'isole de plus en plus de la vésicule, puis s'évanouit avec le reste de la cellule génératrice.

BALBIANI résume son opinion en ces termes : « le rôle attribué à « cet élément cellulaire (le noyau) par la plupart des physiologistes, revient « avec plus de droit à un autre corps coexistant avec le nucléus, et dont « la présence dans la cellule n'avait encore été signalée par aucun observa- « teur..... à part DE LA VALETTE S^t GEORGE (3). »

(1) METSCHNIKOFF. Loc. cit., 1868.

(2) BALBIANI. Loc. cit., 1869.

(3) BALBIANI n'avait sans doute pas encore pris connaissance du travail russe de METSCHNIKOFF, publié l'année précédente.

BÜTSCHLI (1) distingue trois parties dans le spermatozoïde :

1° Une petite portion antérieure qui dérive probablement du protoplasme;

2° Une portion moyenne qui est un produit de la transformation du noyau; il l'appelle *Mittelstück*;

3° Une portion caudale. Cette dernière est formée en partie par une production plasmatique particulière qui, après avoir passé par diverses transformations, finit par constituer un simple filament continuant la queue jusqu'au noyau.

Dès le début de son travail BÜTSCHLI affirme qu'il accorde à ces trois parties la même valeur que SCHWEIGGER-SEIDEL leur a attribuée dans le spermatozoïde des vertébrés (2). Aussi n'est-ce pas sans étonnement que le lecteur, après avoir lu la description de BÜTSCHLI, se voit obligé de leur attribuer une signification toute différente.

En effet pour SCHWEIGGER-SEIDEL la partie antérieure dérive du noyau et forme la tête; aux yeux de BÜTSCHLI elle n'est qu'un reste du protoplasme.

Pour le premier, la partie moyenne (*Mittelstück*) dérive d'une accumulation de protoplasme qui s'observe derrière le noyau; pour le second, c'est le noyau lui-même!

Enfin, tandis que SCHWEIGGER-SEIDEL considère la troisième portion, la queue, comme formée par une simple modification du protoplasme ordinaire, BÜTSCHLI la fait dériver pour une part, du « *Nebenkern*, » et pour l'autre, du protoplasme.

BÜTSCHLI a introduit dans la science une confusion regrettable. En réalité, ce qu'il appelle partie antérieure correspond à la partie accessoire ou « *Kopfkappe* » de SCHWEIGGER, pour s'en convaincre il suffit de jeter un regard sur les figures qui accompagnent les travaux de ces savants. Dès lors tout s'explique. Le *Mittelstück* de BÜTSCHLI, c'est la tête pour SCHWEIGGER-SEIDEL; la queue, d'après la désignation de BÜTSCHLI, c'est à la fois le *Mittelstück* et la queue dans le langage de SCHWEIGGER-SEIDEL (3).

BLANC(4) ne s'appesantit pas sur les phénomènes, très simples d'ailleurs, de la formation du spermatozoïde aux dépens de la cellule spermatique chez les phalangides. Pour devenir un spermatozoïde, la cellule spermatique s'accroît seulement un peu et prend une forme biconvexe.

(1) Zeitschrift f. wiss. Zoologie, B. 21, 1871.

(2) SCHWEIGGER-SEIDEL L. c. — Voir plus haut, p. 5.

(3) L'erreur ou la méprise de BÜTSCHLI vient de ce qu'il s'est imaginé, malgré les assertions contraires de SCHWEIGGER-SEIDEL, que le *Mittelstück* de ce dernier provient du noyau.

(4) H. BLANC. Loc. cit.

HERMANN (1) trouve dans la cellule spermatique des édirophthalmes trois parties : 1^o un noyau ; 2^o un nodule céphalique ; 3^o un corps cellulaire.

Il s'est efforcé de suivre le développement de ces trois éléments : le noyau se transforme en un long cordon que l'on trouve pelotonné dans la cellule, mais qui plus tard s'en dégage et pend au dehors ; il représente la partie céphalique.

Le nodule céphalique primitif disparaît sans qu'il ait pu, dit-il, en saisir complètement la destinée.

Quant au protoplasme de la cellule, HERMANN ne dit pas quel rôle il joue. Si nous comprenons bien, il sert à former le flagellum et le segment moyen. En terminant, HERMANN rapproche la spermatogénèse des édirophthalmes de celle des sélaciens. Cette comparaison nous montre qu'il doit être arrivé à des résultats fort différents des nôtres.

Troisième étape : Spermatophores.

La rupture des faisceaux et la mise en liberté des spermatozoïdes a été signalée chez un grand nombre d'arthropodes.

Plusieurs observateurs ont remarqué que les faisceaux peuvent se retrouver encore intacts dans la vésicule copulative, leur dissociation ne s'opérant qu'un certain temps après l'accouplement.

Ces phénomènes n'offrent d'ailleurs par eux-mêmes qu'un médiocre intérêt ; c'est pourquoi nous n'en parlerons pas plus longuement. Mais nous devons dire un mot des *spermatophores*.

Ces corps ont été signalés ça et là chez les arthropodes, cependant ils n'ont été jusqu'ici, à notre connaissance du moins, l'objet d'aucune recherche approfondie.

C'est dans les céphalopodes que ces productions singulières ont été découvertes pour la première fois par SWAMMERDAM (2). Ce savant les considérait déjà comme servant au transport du sperme, car il se demande si la semence est produite dans ces corps et versée ensuite au dehors, ou s'ils s'en remplissent pour les porter ensuite à l'extérieur.

NEEDHAM (3) en reprit l'étude et les décrivit comme des tubes séminifères. Cette opinion fut confirmée, en 1842, par les études plus complètes

(1) HERMANN. Loc. cit.

(2) SWAMMERDAM. *Biblia naturæ*, p. 353, Pl. 7.

(3) NEEDHAM. *Account of some new microscopical observations*, 1745. Trad. franç., LEYDE, p. 44, Pl. 3 et 4, 1745.

de MILNE EDWARDS(1) et de PETERS(2). Ce fut MILNE EDWARDS qui leur donna le nom de spermatophores. Beaucoup de naturalistes y virent des parasites, et HAMMERSCHMIDT(3), en 1838, regardait encore comme tels les corps étranges qu'il découvrit chez les insectes. Il donna le nom de *Cincinnura* à ceux de l'*Omasius leucophthalmus* (PL. 4, FIG. r, s). Les corps vermiformes des hémiptères et des lépidoptères, qu'il appelle *Pagiura* et *Spirulura*, nous les regardons comme des faisceaux de spermatozoïdes encore agglutinés.

VON SIEBOLD, en 1839, vit les spermatophores du *Cyclops castor* (4) et plus tard, ceux des locustiens (5). Il les figura notamment chez le *Decticus verrucivorus* et la *Locusta viridissima*.

Puis KÖLLIKER(6) mentionna ceux des crustacés décapodes (*Pagurus bernhardus*, *Galathea strigosa*).

DUJARDIN (7) figure les mêmes corps chez une *Tettigonia* et chez le *Sphodrus terricola*.

Sous le nom de *Samenschlauch*, et aussi sous celui de spermatophore, STEIN comprend non seulement les vrais spermatophores mais encore la masse de sperme éjaculée qui, dans la vésicule copulative, constitue souvent un coagulum emprisonnant des éléments très divers : des spermatozoïdes, des cellules spermatiques, des noyaux et souvent les spermatophores eux-mêmes. L'application de ce terme à des objets si différents ne nous paraît pas heureuse.

Quoi qu'il en soit, STEIN mentionne parmi les coléoptères un certain nombre de spermatophores véritables qu'il a pu, dans certains cas, retrouver dans le testicule lui-même(8).

FABRE(9) a signalé les spermatophores capsulaires des chilognathes et des scolopendrides.

Le spermatophore du grillon a été étudié minutieusement par LESPÈS (10). Il constitue une grande capsule chitineuse contenant un grand nombre de spermatozoïdes à l'état de liberté.

(1) MILNE EDWARDS. Ann. d. sc. nat., 2^{me} série, t. XVIII, p. 331. 1842.

(2) PETERS. Muller's Archiv, 1842, p. 331.

(3) HAMMERSCHMIDT. Isis von Oken, 1838, p. 258, pl. 4.

(4) VON SIEBOLD. Neueste Schriften der Naturf. Gesellsch. zu Dantzig, 1839, t. III, Heft 2, p. 36.

(5) Id. Nov. act. acad. C. L. C., t. XXI, 1845, pars I, p. 250.

(6) KÖLLIKER. Beiträge z. Kenntn. der Geschl., etc. Berlin, 1841, pl. II, fig. 21, pl. III, fig. 22.

(7) DUJARDIN. Nouveau manuel de l'observateur au microscope. Pl. XI, fig. 18 et 19.

(8) STEIN. Vergleich. Anat. u. Physiol. d. Insekten. Berlin, 1847, P. 94, 106 et 107. Taf. I, fig. IX, XIV et XV; Fig. XIX et XX. Taf. IX, fig. III.

(9) FABRE. Ann. d. sc. nat., 4^e série, t. III, 1855.

(10) LESPÈS. Ann. d. sc. nat., 4^e série, t. III, 1855.

Dans son traité d'Histologie comparée, LEYDIG (1) figure aussi un spermatoaphore de *Cercopis spumaria*. Il est formé d'un axe sur lequel les spermatozoïdes sont fixés comme les barbes d'une plume.

RÉSUMÉ.

Après avoir soumis à l'analyse les travaux des auteurs, nous allons résumer d'une manière synthétique les résultats qu'ils ont obtenus, afin d'établir l'état actuel de la science sur la spermatogénèse des arthropodes.

Au lieu de suivre l'ordre chronologique, comme nous l'avons fait en parcourant les auteurs, nous suivrons plutôt dans ce résumé celui de la succession des phénomènes.

Première étape.

1° Les métrocytes primordiales n'ont pas été remarquées par les spermatozoologistes.

A. Deux auteurs seulement, MEYER et STEIN, ont porté leur attention sur les premiers ancêtres des cellules spermatiques, MEYER chez les lépidoptères et STEIN chez les myriapodes. Mais ni l'un ni l'autre de ces savants n'a eu sous les yeux les vraies métrocytes ou cellules-mères primordiales : ils versent en effet tous deux dans l'ancienne erreur de la formation spontanée des cellules au sein d'un stroma, c'est-à-dire d'un blastème amorphe.

B. C'est assez dire que personne n'a étudié le développement de ces cellules-mères primitives.

1° L'évolution des métrocytes appartenant aux générations suivantes a été suivie par plusieurs observateurs.

Divers stades de cette évolution ont été signalés par VON SIEBOLD chez les locustiens, par LANDOIS chez les lépidoptères, enfin par DE LA VALETTE chez différents insectes, mais sans recevoir une interprétation suffisante.

3° Cependant des observations plus complètes ont été consignées dans les annales de la science ; malheureusement elles sont loin d'être concordantes.

A. D'après MEYER, WEISMANN, BESSELS et METSCHNIKOFF, les cellules-mères, devenues d'abord multinucléées, donnent bientôt naissance chacune à une colonie de cellules-filles par voie endogène.

(1) LEYDIG. Op. cit., p. 602, fig. 266B.

BESSELS et BLANC signalent la succession d'au moins deux générations endogènes, le premier chez les lépidoptères, le second chez les phalangides.

B. S'il faut en croire BALBIANI, c'est plutôt par un bourgeonnement de toute leur surface que ces cellules donnent naissance aux colonies de cellules-filles ou sphères spermatiques. Plus tard, les cellules qui constituent les sphères spermatiques deviennent cependant le siège d'une multiplication endogénique.

C. Les colonies de cellules-filles qu'elles engendrent, et que les auteurs appellent spermatocystes, Kugeln, sphères spermatiques, etc., sont entourées d'une membrane : depuis VON SIEBOLD c'est l'avis de tous les auteurs, à part BÜTSCHLI.

D. Mais pour certains observateurs cette membrane est anhiste : ainsi pensent VON SIEBOLD, MEYER, WEISMANN, BESSELS, LANDOIS et BLANC ; tandis que pour les autres elle est originellement multicellulaire, elle proviendrait en effet, soit de l'épithélium testiculaire (BALBIANI), soit des cellules périphériques des cystes (DE LA VALETTE).

4° Mais jusqu'où doit progresser l'évolution des cellules-mères, pour que les spermatozoïdes puissent s'y développer ?

Les avis sont partagés sur ce point.

A. Pour les uns, l'évolution des métrocytes s'arrête après la formation de noyaux multiples : le faisceau de spermatozoïdes s'élabore donc au sein d'une cellule multinucléée.

C'est la pensée de WEISMANN, de BESSELS et de DE LA VALETTE ST-GEORGE (1874).

B. Dans l'opinion de la plupart des autres savants, la métrocyte parcourt une étape de plus : le protoplasme de la cellule multinucléée s'individualise autour de chaque noyau. Ainsi naît une dernière colonie, la colonie des cellules spermatiques proprement dites.

Il est bon de le faire remarquer dès à présent, il n'est pas, à notre connaissance du moins, un seul auteur qui ne considère le nombre de spermatozoïdes d'un faisceau comme correspondant exactement à celui des noyaux contenus dans la dernière métrocyte multinucléée.

5° Notons que HERMANN signale chez les isopodes l'existence de certaines cellules munies de cinq ou six noyaux, sans que l'on puisse décider, par ce qu'il dit de leur développement, si cet auteur admet ou rejette la formation endogène. Rappelons aussi que ZENKER n'y décrit pas de cellules multinucléées.

Deuxième étape.

1° Deux opinions sont professées concernant la *nature* de l'élément qui est destiné à donner directement naissance aux spermatozoïdes.

A. L'opinion la plus généralement suivie est celle qui admet que le spermatozoïde est le produit de la transformation d'une cellule *individualisée* et préexistante.

B. Toutefois WEISMANN, BESSELS et DE LA VALETTE font exception, comme nous venons de le voir; ils pensent que les spermatozoïdes s'organisent dans une cellule multinucléée dont le protoplasme est resté commun et indivis.

2° Quant à *l'origine* des diverses parties qui constituent le spermatozoïde, elle a reçu les interprétations les plus diverses.

A. Pour les uns le noyau ne prendrait aucune part à la formation de l'élément spermatique. Ainsi le veulent VON SIEBOLD pour les locustiens, METSCHNIKOFF pour l'écrevisse, les diptères et les cyproïs, ZENKER pour l'aselle et BALBIANI pour les aphidiens. Ainsi pensait également DE LA VALETTE en 1867. On sait que ces observateurs, — à l'exclusion de VON SIEBOLD qui ne s'occupe pas de cette question, — attribuent la formation de la tête, non pas au noyau mais à un corps particulier, né dans le protoplasme et qui a reçu les noms les plus divers : vésicule spermatogène (BALBIANI), Nebenkörper (DE LA VALETTE), Nebenkern (BÜTSCHLI), corpuscule brillant, nodule céphalique, etc.

B. D'autres au contraire admettent à ce sujet les idées de KÖLLIKER; c'est ainsi que, d'après BESSELS, le noyau seul organiserait le spermatozoïde tout entier.

C. Mais la grande majorité des savants ont suivi HENLE et SCHWEIGER-SEIDEL : le noyau forme la tête; le protoplasme, la queue du spermatozoïde. Tels sont DE LA VALETTE en 1865 et à partir de 1874, BÜTSCHLI, HERMANN pour les isopodes, NUSSBAUM (1), etc., etc.

A cette opinion se rattache celle de METSCHNIKOFF qui attribue, comme nous l'avons vu, à une partie du noyau seulement la formation de la tête du spermatozoïde chez le scorpion.

3° Cependant plusieurs des observateurs précédents distinguent deux portions dans l'appendice caudal : 1° la queue proprement dite; 2° la partie moyenne, beaucoup plus courte et souvent plus volumineuse, le Mittelstück

(1) NUSSBAUM Archiv f. mik Anat., 1884. *Ueb. die Veränderungen*, etc., p. 207.

de SCHWEIGGER-SEIDEL. Cette dernière portion dériverait d'après DE LA VALETTE S^t GEORGE (1874), BÜTSCHLI, etc., du Nebenkörper ou Nebenkern, tandis que la queue serait un produit de la transformation du protoplasme ordinaire de la cellule.

4° Enfin, depuis VON SIEBOLD (1845), on a signalé dans le protoplasme, au voisinage de la partie antérieure du spermatozoïde, l'apparition de certains corps ou nodules plasmatiques, espèces de *Nebenkern particuliers*, ayant pour but de former le capuchon de la tête (Kopfkappe) (1).

Troisième étape.

Nous l'avons déjà dit plus haut, p. 27, nous ne possédons pas encore d'étude approfondie sur la formation des spermatophores chez les arthropodes.

IV. TERMINOLOGIE.

Il nous paraît utile, avant d'entrer dans le détail de nos observations, de préciser le sens attribué par nous à certains termes dont nous ferons par la suite un fréquent usage.

Nous appelons *cellules spermatiques*, les cellules qui *se transforment directement en spermatozoïdes*. Ainsi toute cellule testiculaire qui donne naissance à un spermatozoïde, sans plus subir de division, est une cellule spermatique.

Nos cellules spermatiques sont donc celles-là mêmes auxquelles DE LA VALETTE S^t GEORGE donne le nom de spermatocytes, dénomination dont nous ne répudions pas l'emploi, pourvu qu'on l'applique toujours aux cellules spermatiques véritables.

Les petites cellules que nous représentons dans la fig. 35 sont les cellules spermatiques de la *Pieris brassica*; chacune d'elles va s'allonger, et se transformer en spermatozoïde. Au contraire la cellule de *Lithobius*, représentée dans la figure 10 et qui va donner naissance à quatre spermatozoïdes, n'est pas une cellule spermatique. Bien que les rudiments des spermatozoïdes y soient déjà visibles, elle doit encore se diviser en quatre cellules allongées qui deviendront autant de spermatozoïdes; c'est

(1) Il résulte de ce qui précède que les auteurs ont attribué les rôles les plus divers à ces formations énigmatiques qu'ils ont désignées sous les noms de Nebenkörper, Nebenkern, vésicule spermatogène, nodule céphalique, etc., etc. D'après eux en effet, ils forment tantôt la tête, tantôt le Mittelstück, tantôt la coiffé céphalique ou Kopfkappe.

donc à ces dernières qu'il convient de réserver le nom de cellules spermatiques.

Il existe un mode particulier et bien connu de formation des spermatozoïdes, dans lequel on voit apparaître à la périphérie d'une cellule un nombre plus ou moins grand de protubérances contenant un noyau. Chacune de ces protubérances avec son contenu devient un spermatozoïde. Ce mode est assez répandu ; il s'observe en particulier chez les annélides, les gastéropodes, les acanthocéphales, les trématodes, etc.

A notre avis chacune de ces protubérances doit être considérée comme l'homologue des petites cellules qui, chez les insectes, se transforment en spermatozoïdes, et peut par conséquent recevoir le même nom que ces dernières ; et en effet ces protubérances se comportent tout à fait comme des cellules spermatiques : la tête et la queue du spermatozoïde s'y élaborent comme chez les arthropodes.

L'étranglement qui limite ces protubérances reste incomplet, il est vrai, mais cette particularité ne doit pas nous empêcher de les regarder comme des individus cellulaires distincts, ayant leur centre d'activité propre. Nous verrons du reste que chez les insectes les cellules spermatiques conservent aussi pendant longtemps des rapports avec leur cellule-mère. Le nom de cellules spermatiques leur convient donc aussi bien qu'à ces dernières. Elles n'en diffèrent que par un point, le mode de division qui leur donne naissance. Chez les insectes, elles naissent par voie endogène, comme les spores dans un sporange de *Mucor*. Ailleurs, chez les lombrics par exemple, elles naissent par un processus analogue à celui de la formation exogène des botanistes ; la cellule qui les produit peut être rapprochée des cellules basidiennes des hyménomycètes.

Sous le nom de *cellules-mères*, ou de *métrocytes*, nous désignons toute cellule dont la multiplication aboutit à la formation des cellules spermatiques, quel que soit du reste le nombre des générations qui les séparent encore de ces dernières.

D'accord avec MEYER (1), nous préférons donner ce nom aux cellules qui engendrent des cellules-filles que de l'appliquer, comme le faisait KÖLLIKER, aux cellules spermatiques elles-mêmes.

En agissant ainsi nous suivons d'ailleurs une terminologie adoptée depuis longtemps par les botanistes, qui appellent cellules-mères toutes les cellules de l'anthère ou de l'anthéridie qui engendrent par leur multiplication répétée la cellule pollinique ou la cellule anthérozoïdienne.

(1) MEYER. Loc. cit.

Il apparaît dans tout être mâle ou hermaphrodite, à une époque variable de son développement embryonnaire, une ou plusieurs cellules formatives dont la postérité sera entièrement constituée par des éléments spermatiques.

Ce sont les *métrocytes primitives* ou *primordiales*.

Tous leurs descendants, à quelque génération qu'ils appartiennent, nous les désignerons simplement, à l'exemple des botanistes, sous le nom de *métrocytes* ou *cellules-mères*.

Les cellules épithéliales, auxquelles DE LA VALETTE ST-GEORGE donne le nom de *Ursamenzellen*, ne sont pas les *métrocytes primitives*; elles peuvent même n'avoir avec elles qu'un degré de parenté fort éloigné. Ce serait, nous semble-t-il, donner à ce mot un sens plus rationnel que de l'appliquer exclusivement à nos cellules-mères primordiales ou *métrocytes primitives*.

Parmi les *métrocytes* il en est une qui, chez la plupart des êtres, mérite une attention particulière, c'est la dernière, c'est-à-dire celle qui engendre les cellules spermatiques.

Beaucoup d'auteurs désignent cette cellule sous le nom de *spermatoblaste* ou de *spermatogemme* (voir p. 14); tel sera aussi le sens que nous donnerons à ces mots quand il nous arrivera de les employer. Nous ne les *appliquerons* jamais, comme le font BLOMFIELD (1), MATHIAS DUVAL (2), etc., aux cellules qui se transforment en spermatozoïdes. Si l'on adopte cette dénomination, il faut, selon nous, *désigner* sous le nom de *spermatoblastes*, aussi bien la cellule à formation exogène des lombrics, que la cellule à formation endogène des insectes.

On nous dira peut être que la structure de ces deux éléments est trop différente pour qu'on puisse leur donner le même nom. Les auteurs distinguent en effet dans les premiers, comme dans tous les *spermatoblastes* de cette espèce, une partie qu'ils désignent sous les noms de *cytophore*, *blastophore*, *cellule de soutien*, *cellule fixe*, et qui porte les bourgeons spermatiques. Les *spermatoblastes* des insectes au contraire ne présentent pas de *blastophore*.

A cela nous répondrons que l'homologie entre ces éléments cellulaires, qui tous deux produisent les cellules spermatiques, est au contraire trop grande, à notre avis, pour qu'on puisse leur donner des noms divers, quelle que soit du reste leurs différences de structure, d'autant plus que ces différences ne sont pas essentielles. Nous considérons en effet dans tous les cas le *blastophore* comme un reste de la *métrocyte*, et nous l'assimilons à cette masse de protoplasme qui contient à la fois le faisceau et les noyaux

(1) BLOMFIELD. Quaterly jour. of micr. science. July 1881.

(2) MATHIAS DUVAL. Journal de micrographie de Pelletan, 1880, p. 240 et passim.

femelles dans le spermatoblaste des insectes et que nous regardons aussi comme un reste de la métrocyte.

Ces deux spermatoblastes ne diffèrent que par le mode particulier de division qui engendre les cellules spermatiques.

Nous n'ignorons pas que certains auteurs tels que MERKEL, RIVOLTA, MIHALKOVICS, NEUMANN, BLUMBERG, KLAS, VON BRUNN, BLOCK, SERTOLI, RENSON, etc., donnent au spermatoblaste de certains vertébrés une origine et par suite une signification différente de celle que leur attribuait VON EBNER. Ainsi G. RENSON⁽¹⁾ soutient que, chez le rat, les cellules spermatiques (ses nématoblastes) naissent à part dans le testicule, pour venir plus tard, lorsqu'elles ont subi déjà un commencement de différenciation en spermatozoïde, se fixer à une autre cellule, la cellule de soutien ou blastophore.

L'auteur apporte comme raison principale en faveur de son opinion, que jamais il n'a rencontré une cellule de soutien portant des nématoblastes jeunes.

C'est donc sur une observation négative que cette théorie est basée.

Si elle se vérifiait, ce serait évidemment faire un usage irrationnel du mot spermatoblaste que de l'appliquer à l'ensemble du blastophore et des nématoblastes, puisque ces derniers éléments n'auraient aucun lien génétique avec la cellule de soutien.

BLOMFIELD⁽²⁾ la combat en ces termes :

« but viewing the subject in the light which we have gained from the study of spermatogenesis in other classes, I think that any one will allow that it is extremely probable that there is a closer connection between them, than our author has allowed, and that the « cellules de soutien » are homologous and analogous with the body which has been described in the foregoing papers *as mothers cells* with basilar nucleus or sperm blastophor of my nomenclature. »

Quant à nous, nous ne pouvons nous empêcher de trouver au moins originale cette promenade que l'auteur fait exécuter aux cellules spermatiques pour les conduire jusqu'aux cellules de soutien, et très étrange aussi cette union si intime, bien que temporaire, qu'elles contractent avec ces dernières. Mais ce serait sortir de notre cadre que d'entrer plus avant dans cette question.

Nous désignerons sous le nom de *colonies* les amas de cellules qui ont pour origine une même cellule-mère.

Le terme *tête du spermatozoïde* dans ce travail, s'appliquera toujours à la partie du spermatozoïde *qui dérive du noyau*.

La tête est donc la partie du spermatozoïde qui contient l'élément

(1) G. RENSON. Archives de Biologie, 1882.

(2) BLOMFIELD. Quat. j. of micr. science, avril, 1883.

nucléinien, et qui par conséquent se colore vivement par le vert de méthyle, certains carmins, etc. Nous l'appellerons aussi noyau du spermatozoïde. La *queue* du spermatozoïde est pour nous toute la portion du protoplasme de la cellule spermatique, qui s'est différenciée d'une manière particulière et qui se rattache à la partie postérieure de la tête. Nous n'appliquerons évidemment ce terme qu'aux spermatozoïdes filamenteux.

Souvent on observe, au devant du noyau ou de la tête, une nouvelle portion protoplasmatique qui ne se colore pas plus que la queue. Nous l'appellerons *segment procéphalique*, quelle que soit son origine.

Nous emploierons souvent le terme *noyau femelle*.

Ce mot désignera, dans notre travail, le noyau ou les noyaux que l'on trouve dans le spermatoblaste à côté des spermatozoïdes.

Par l'application de ce mot *femelle* aux éléments précités nous ne voulons nullement préjuger de leur véritable nature, et nous n'entendons pas nous déclarer partisan décidé de la théorie du sexe des cellules, telle que SEDGWICK-MINOT l'a formulée (1).

Cette théorie nous plaît parce qu'elle renferme l'interprétation la plus plausible, à l'heure qu'il est, que l'on puisse donner à la fonction de ces deux éléments énigmatiques : le globule polaire de l'œuf, et le noyau femelle du spermatoblaste. Mais cette hypothèse pourrait bien n'être qu'une conception ingénieuse de l'esprit. Dans l'état actuel de la science, oserait-on affirmer que le globule polaire contient une partie du noyau neutre de l'œuf différente de celle qui y demeure après l'expulsion de ce globule?

Qui pourrait décider, d'autre part, que le noyau femelle du spermatoblaste n'est qu'un élément étranger à la substance mâle qui se serait localisée dans les cellules spermatiques, et non pas tout simplement un noyau ordinaire jouant le rôle d'un centre d'activité au sein de la métrocyte? Ce sont là des questions de cytologie générale qui sont insolubles dans le temps présent. Aussi, ce qui nous a décidé à employer l'expression « *noyau femelle*, » c'est avant tout le moyen commode qu'il nous fournit de désigner, dans tous les cas, cet élément d'une façon précise.

Il nous reste à dire un mot du terme *spermatophore*. Nous marquons par là des productions particulières, formées dans la partie inférieure de l'appareil mâle et destinées à transporter les spermatozoïdes dans la femelle.

Nous disons des productions particulières : en effet de simples faisceaux non dissociés, tels que ceux que nous avons trouvés dans la femelle de maints papillons, nous ne les considérons pas comme des spermatophores. Nous ne

(1) SEDGWICK-MINOT. Journal de Micrographie de Pelletan, 1881, p. 71 et 199.

les désignerons par ce terme que dans les cas où la maturité des spermatozoïdes y est suivie de la formation d'un appareil quelconque qui serve à maintenir ces éléments réunis.

Si nous spécifions en outre que ces formations doivent s'organiser chez le mâle, c'est que STEIN et d'autres auteurs ont regardé comme des spermatophores certains corps que l'on trouve seulement dans la vésicule copulative, et qui ne sont que des coagulums de sperme, entourés parfois d'une coque. Ces prétendus spermatophores ne servant pas au transport des spermatozoïdes, il ne nous paraît pas que ce terme puisse leur être appliqué.

WAGNER et LEUCKART (1) appellent aussi spermatophores les capsules décrites par VON SIEBOLD, et qui contiennent des faisceaux plumeux de spermatozoïdes chez les locustiens. Or, ces faisceaux eux-mêmes sont évidemment des formations analogues aux vrais spermatophores des coléoptères. On serait donc amené, en imitant ces savants, à désigner sous un même terme le contenant et le contenu de ces corps.

Aussi préférons-nous réserver aux productions de cette espèce le nom de : *capsules à spermatophores*.

(1) WAGNER et LEUCKART. Loc. cit.

PREMIÈRE PARTIE.

OBSERVATIONS.

I.

Myriapodes.

La classe des myriapodes se divise en deux ordres bien distincts : les chilopodes et les chilognathes.

Nous avons étudié les spermatozoïdes des lithobiïdes et des géophilides, parmi les chilopodes ; ceux des iulides, des glomerides et des polydesmides, parmi les chilognathes, et nous avons trouvé dans ces deux groupes de familles deux formes bien différentes de spermatozoïdes.

Chez les chilopodes ce sont généralement de longs filaments, d'une structure parfois compliquée (*Lithobius*, *Geophilus*). Chez les chilognathes au contraire (*Julus*, *Glomeris*, *Polydesmus*.) ce sont de petites cellules, présentant cette particularité singulière de ressembler en plus d'un point aux spermatozoïdes des crustacés décapodes.

C'est cette ressemblance qui nous a déterminé à en différer l'étude jusqu'au moment où nous parlerons des spermatozoïdes de ce dernier groupe, ainsi que nous l'avons annoncé précédemment, p. 11.

Chilopodes.

Les spermatozoïdes filiformes des chilopodes ont été jusqu'ici fort peu étudiés. TREVIRANUS les considérait comme des « vers intestinaux appartenant sans doute au genre filaire » : erreur qui tenait à l'état de la science à son époque, aussi bien qu'aux dimensions considérables de ces filaments.

Les travaux de NEWPORT, de FABRE, de LÉON DUFOUR, etc. nous en donnent quelques dessins, peu détaillés toutefois ; mais ces savants ne parlent guère de leur genèse.

Nous avons vu plus haut les deux opinions que STEIN⁽¹⁾ a successivement professées au sujet de l'origine et de la fonction des filaments spermatiques et des cellules qui les accompagnent dans le testicule.

Enfin LEYDIG⁽²⁾, en 1883, a donné une courte description des cellules testiculaires et des spermatozoïdes du *Lithobius*, mais, pas plus que ses devanciers, il n'a reconnu les rapports qui existent entre ces cellules et les filaments spermatiques; il déclare même ignorer quelle peut être la signification des grandes cellules du testicule. C'est assez dire qu'aucune voie ne nous était frayée dans l'étude du sujet auquel nous consacrons ce chapitre.

Nos recherches ont porté surtout sur le *Lithobius forficatus*, espèce commune aux environs de Louvain.

La préparation des éléments spermatiques est fort simple. Nous opérons généralement comme il suit. Après avoir ouvert l'animal, à sec, nous en extrayons le tube testiculaire tout entier, et nous le sectionnons vers son milieu sur le porte-objets; il en sort un liquide épais que nous exprimons le plus complètement possible en promenant légèrement le dos du scalpel sur toute la longueur du tronçon. Nous étendons ensuite ce liquide avec les aiguilles. Afin d'éviter la concentration du plasma par l'évaporation, nous avons soin de pratiquer cette dernière opération dans l'atmosphère humide de l'haleine dirigée sur l'objet.

Nous plaçons alors la lamelle, sans autre manipulation si notre intention est d'examiner les éléments spermatiques vivants. Un cheveu, introduit entre les deux verres, empêche l'écrasement de l'objet. Le plus souvent toutefois nous n'étudions ces éléments qu'après les avoir fixés, soit en exposant la préparation pendant une vingtaine de secondes aux vapeurs d'acide osmique, soit en laissant tomber sur la masse sortie du tube une goutte d'un mélange qui nous a paru très propre à les conserver, et dont la formule est la suivante :

Sol. de RIPART et PETIT	. . .	5 parties.
Sol. d'acide osmique à $\frac{2}{1000}$	. . .	1 partie.

Avant de placer le couvre-objets, nous ajoutons à ce liquide une goutte de la solution acide de vert de méthyle.

(1) STEIN. Loc. cit., 1842 et 1847.

(2) LEYDIG. *Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere*; Bonn, 1883; p. 56 et p. 117.

Première étape.

Lorsqu'on ouvre en automne de jeunes lithobies, ayant à peu près la moitié de la taille de l'adulte, on y trouve le tube testiculaire assez développé déjà, et rempli de grandes cellules qui nagent dans un plasma visqueux et peu abondant.

Description des Métrocytes.

La forme de ces cellules est assez variable. Les unes sont parfaitement sphériques; d'autres sont polyédriques, aplaties ou allongées; beaucoup présentent des prolongements plus ou moins développés.

Ces prolongements ont l'aspect des pseudopodes amiboïdes; toutefois les mouvements de ces expansions sont extrêmement lents, surtout lorsqu'on les observe dans leur milieu naturel.

Si l'on plonge brusquement le testicule dans l'eau bouillante on obtient, en le vidant sur le porte-objets, toutes les cellules fixées, d'une manière rigide, dans la forme qu'elles avaient au moment de l'opération. On voit alors que l'intersection de leurs facettes planes ou courbes se fait souvent sous des angles très abrupts.

Ces cellules sont intéressantes sous plus d'un rapport.

1. Leur réseau plasmatique est remarquablement fin et régulier. Dans certaines cellules, ce reticulum loge quelques enclaves albuminoïdes. Nous sommes porté à croire que ce sont ces enclaves que LEYDIG a indiquées dans sa figure de *Lithobius* (1). Nous ne pouvons en effet partager l'opinion de ce savant qui trouve, sur le parcours du reticulum, des nœuds ou des épaissements saillants — situés sans doute aux points de jonction des trabécules. — A notre avis, de pareils épaissements n'existent pas. Les corps, représentés en noir dans la figure précitée, sont des masses albuminoïdes situées à l'intérieur des mailles du reticulum et, par conséquent, indépendantes de ce dernier. Du reste, ainsi que nous le dirons, ces enclaves sont loin d'exister dans toutes les cellules; on doit les considérer comme des réserves passagères. Nous pourrions ajouter que l'élément dessiné par LEYDIG avait subi des altérations.

2. Leur noyau est très grand (FIG. 1 A et B). Sa forte membrane (*mn*) emprisonne une masse considérable de protoplasme (*pn*), assez semblable de structure et d'aspect au protoplasme extranucléaire, mais ordinairement un peu plus clair que ce dernier. Ce protoplasme nucléaire (*pn*) rem-

(1) LEYDIG : *Untersuch. z. Anat., etc.*, 1883, p. 57; PL. VI, FIG. 67.

plit le plus souvent, d'une manière uniforme, toute la cavité du noyau; d'autres fois cependant il est vacuoleux et découpé en cordons (FIG. 1 B n). On aperçoit à l'intérieur du caryoplasma un corps sphéroïdal (*nl*). Ce corps présente la structure d'un noyau ordinaire, car on y trouve une membrane très nette, une masse plasmatique et un filament nucléinien. Dans les noyaux quiescents, ce dernier filament ne se colore que faiblement par le vert de méthyle, et il est ordinairement fragmenté en bâtonnets (voir FIGURES); parfois cependant il est continu, ou, plus rarement, fusionné en une seule masse irrégulière de nucléine amorphe (FIG. 14). Ce corps est donc un nucléole-noyau (1). Ainsi constitué, le noyau des cellules-mères est la représentation fidèle d'une cellule ordinaire; particularité que l'on retrouve souvent dans les noyaux riches en protoplasme (2).

3. Enfin les cellules testiculaires des *Lithobius* possèdent une membrane véritable. Quoique très mince, cette membrane est pourtant bien distincte et nettement visible, même sur les cellules vivantes et observées dans leur plasma naturel. Les agents fixateurs (acide osmique, etc.) la rendent beaucoup plus évidente encore; le nitrate d'argent y fait même apparaître des couches concentriques, faciles à reconnaître.

Telles sont les cellules que STEIN, en 1842, regardait comme des spermatozoïdes. Pour nous ce sont des métrocytes appartenant à des générations diverses (FIG. 1 A).

Contenu du Testicule.

C'est chez l'embryon qu'il faudrait porter ses observations, pour rechercher le premier développement des cellules-mères originelles; mais nous n'avons pas eu le loisir d'entreprendre cette étude. Force nous est donc de choisir, pour point de départ, les cellules-mères que nous venons de décrire; ce sont les plus jeunes que nous ayons pu obtenir.

Déjà à l'époque où nous les considérons, ces cellules sont en voie de multiplication. On y observe en effet, de temps en temps, assez rarement toutefois, les divers stades de la division du noyau et du protoplasme. Nous ne nous arrêterons pas à faire la description détaillée des phénomènes de la division cellulaire, ce serait sortir de notre cadre. Cette question de cytologie générale sera du reste traitée plus loin, d'une manière approfondie, par J. B. CARNOY dans son mémoire sur la division cellulaire chez

(1) Voir à ce sujet J. B. CARNOY : *La Biologie cellulaire*, p. 236.

(2) Voir id. Loc. cit. — LEYDIG : Loc. cit., parle du noyau des *Lithobius* à la page 85 et 97; nous y renvoyons le lecteur. Son interprétation diffère beaucoup de la nôtre.

les arthropodes (1); on trouvera dans ce travail la description des particularités extrêmement intéressantes que présente la division des cellules-mères des myriapodes et des arthropodes en général.

Un peu plus tard, au commencement de mars par exemple, le tube testiculaire d'un animal adulte renferme un nombre beaucoup plus considérable de cellules. A part la disparition complète des enclaves albuminoïdes, leur aspect a peu varié. Leur réseau toutefois a gagné en finesse et en régularité, et les prolongements qu'elles portent s'observent maintenant plus nombreux et plus longs.

Des recherches presque journalières nous ont permis de saisir, dans la multiplication de ces cellules-mères, un redoublement subit d'activité vers le milieu de juin. Alors, pendant une dizaine de jours, les cellules en division y sont beaucoup plus fréquentes; toutes les préparations en contiennent, et parfois en grande quantité.

Enfin, vers cette même époque mais surtout en juillet, la lumière du tube testiculaire est remplie par un amas de filaments de toutes formes et de toutes dimensions. Les uns sont lisses et réguliers, les autres, variqueux; beaucoup sont isolés, d'autres sont groupés. Certains d'entre eux sont formés d'une masse de protoplasme homogène, tandis que leurs voisins présentent des différenciations internes; on en trouve même qui ont déjà l'aspect des spermatozoïdes achevés.

Leur ensemble constitue un lacis inextricable, véritable forêt de lianes où l'observateur ne s'avance qu'avec bien des difficultés; il se voit exposé à chaque instant à perdre la piste qu'il y suit sur un sentier qui se ramifie de tous côtés. Car, à l'enchevêtrement des cellules spermatiques en voie de transformation, s'ajoute encore, pour le dérouter dans ses recherches, leur extrême délicatesse et la multiplicité des modes particuliers suivant lesquels les processus généraux s'y déroulent. C'est ce que pourront constater ceux qui nous feront l'honneur de contrôler nos recherches.

Nous ne pouvons nous empêcher d'exprimer ici tout l'étonnement que nous avons éprouvé, en constatant que ces belles cellules filamenteuses n'ont attiré jusqu'ici l'attention d'aucun observateur!

Genèse des cellules spermatiques.

Nous avons représenté, PL. 1, une série de figures, dans laquelle nous sommes efforcé de synthétiser les résultats de nos investigations. Leur interprétation va nous occuper pendant quelques instants.

(1) Voir plus loin : *La cytodierèse chez les arthropodes*, par J. B. CARNOY.

Comment la cellule-mère de la FIG. 1, prise comme point de départ, va-t-elle donner naissance aux cellules spermatiques ?

Deviendra-t-elle multinucléée, pour subir ensuite le phénomène de la formation endogène, phénomène qui s'observe si communément dans les cellules-mères chez les insectes, les arachnides et une foule d'autres animaux ?

Non; telle n'est pas la destinée de cette cellule.

A aucune époque de l'année, en effet, nous n'avons observé sur les métrocytes d'autre mode de division que celui de la segmentation proprement dite; la formation endogène fait totalement défaut chez tous les chilopodes que nous avons étudiés jusqu'ici.

L'évolution des cellules-mères du *Lithobius* ne comprend donc que des phénomènes de segmentation; mais ce mode de division y présente des particularités intéressantes. La cellule-mère de la FIG. 1 va se segmenter; bientôt ses deux cellules-filles feront de même, et ce phénomène pourra s'observer dans tous leurs descendants jusqu'à la naissance d'une dernière génération de cellules qui ne se segmenteront plus, mais qui se transformeront directement en spermatozoïdes.

Si la dernière segmentation se fait à la manière ordinaire et s'achève aussitôt, les cellules spermatiques seront de petites cellules entièrement libres, et semblables à celle que nous représentons dans la FIG. 2.

Le sort du noyau, pendant la dernière segmentation qui donne naissance à ces cellules, ne nous est pas bien connu. Ce qui nous paraît certain, c'est que sa membrane ne se reforme pas; on voit en effet assez souvent de petites cellules isolées, ayant les mêmes dimensions que celle de la FIG. 2, et munies seulement d'un nucléole-noyau identique à celui qui se reforme, dans les cellules-mères, aux dépens des couronnes polaires de la Caryocinèse.

Toutefois on rencontre aussi des cellules semblables, où la membrane nucléaire s'est reconstituée, et qui, par conséquent, renferment un noyau complet; mais cette membrane se résorbera, au début de la métamorphose en spermatozoïdes, et il ne restera du noyau que le nucléole.

Pendant, au lieu de s'achever immédiatement après la première division nucléaire qui s'accomplit dans la cellule-mère, la segmentation du protoplasme peut tarder à se parfaire. C'est à cette particularité qu'il faut rattacher l'origine des groupements cellulaires semblables à ceux que nous représentons dans les FIG. 6, 7 et 8. On remarquera en effet que, dans la FIG. 6, les deux cellules jumelles sont encore unies par leur plaque cellulaire *a, b*. Que cette plaque vienne à se cliver, et les deux métrocytes deviendront libres. Ce cas doit s'observer fréquemment; mais il arrive aussi que ce clivage est différé, assez longtemps pour que les deux cellules puissent entrer à leur

tour en division avant de se séparer. Telle est l'origine de ces chaînes de cellules dont nous donnons un exemple dans la FIG. 7, et que l'on rencontre assez souvent dans le testicule, à partir du mois de mai. On voit en *a*, *b*, la plaque cellulaire primaire, celle de la première division, et, en *a'*, *b'*, les deux plaques secondaires, ou de la seconde division; toutes trois sont encore traversées par des restes du fuseau caryocinétique dans lequel elles se sont établies.

On se demande instinctivement quelle sera la destinée ultérieure de ces cellules?

Ces cellules sont, ou bien des métrocytes, ou bien des cellules spermatiques.

Si ce sont des métrocytes, elles ne tarderont pas à se séparer, pour subir encore un certain nombre de segmentations.

Lorsqu'elles représentent des cellules spermatiques, deux cas peuvent se présenter. Le clivage des plaques vient-il à se produire sur le champ? les cellules, dégagées de leurs adhérences, deviennent des cellules spermatiques libres, semblables à celles dont nous figurons la métamorphose dans la série des FIG. 2, 3, 4, 5, et qui ont pu naître aussi, nous l'avons vu, par une segmentation binaire ordinaire, mais plus rapidement achevée. Le clivage est-il différé? les cellules spermatiques subissent les premières phases de leur métamorphose en conservant leurs adhérences. La FIG. 8 nous montre un groupe dans lequel les cellules ont déjà subi un commencement d'allongement qui, en s'accroissant d'avantage, le conduira à une phase analogue à celle qui est indiquée dans la FIG. 9. Entre temps, la division cellulaire s'achève, et les filaments spermatiques ne conservent plus entre eux que des rapports de voisinage; ils peuvent encore rester accolés pendant un certain temps, mais sans plus adhérer l'un à l'autre : ce stade est représenté dans la FIG. 19.

On trouve aussi des groupes semblables de cinq à huit cellules. L'origine de ces groupes n'est pas douteuse; il s'y est fait une ou plusieurs segmentations de plus que dans celui que nous avons pris pour exemple. Le faisceau de six filaments, visible dans la FIG. 18, dérive sans doute d'un amas de six cellules.

La série des FIG. 10, 11, 12, 13, 14 et 15, marque une suite de stades appartenant à un mode un peu différent de division de la cellule-mère. Le premier terme de cette série, FIG. 10, est une métrocyte uninucléée et portant quatre prolongements. À première vue, ces prolongements paraissent analogues à ceux que l'on remarque si souvent sur les métrocytes jeunes, ainsi que nous l'avons dit précédemment p. 42; cependant il n'en est rien.

Les premiers n'étaient que de simples pseudopodes rétractiles, disparaissant avec facilité dans la masse du protoplasme.

Ceux ci sont fixes et possèdent une destination particulière : *ils vont devenir des spermatozoïdes*.

Ce qui nous permet de leur assigner cette signification, c'est la présence d'un filament a, x , qui s'ébauche au sein de leur protoplasme, et qui deviendra le filament axial du spermatozoïde.

Nous voyons dans la FIG. 11 une cellule analogue, mais qui est parvenue à un stade plus avancé; les prolongements se sont développés en longueur et les sillons qui les séparent entament profondément le corps de la cellule. En outre on y remarque, non plus un noyau, mais quatre nucléoles-noyaux, issus de la division du noyau primitif. Que ces filaments continuent leur croissance, et bientôt cette cellule passera par des phases semblables à celles que nous représentons dans les FIG. 12 et 13.

On voit, dans les trois figures susmentionnées, le corps cellulaire, qui porte les quatre filaments, se réduire de plus en plus, à mesure que ces derniers s'accroissent, et la masse de son protoplasme passer insensiblement dans les prolongements. En même temps les sillons, qui séparent la base de ceux-ci, gagnent les faces latérales, puis l'extrémité opposée de la cellule, ainsi qu'on peut le voir surtout dans la FIG. 10. Ces sillons étranglent donc de toutes parts le corps cellulaire et tendent à en produire la scission en quatre parties. Lorsque ce processus sera achevé, les quatre filaments deviendront indépendants; et ainsi se trouvera de nouveau réalisé le stade de la FIG. 19, que nous avons signalé déjà comme le dernier terme d'un autre mode de segmentation.

Les FIG. 14 et 15 démontrent que les mêmes phénomènes peuvent donner naissance à deux spermatozoïdes seulement; ce cas est toutefois beaucoup plus rare.

Il n'est pas difficile de se représenter les métamorphoses qu'a dû subir une cellule-mère ordinaire, pour arriver au stade de la FIG. 17. La division de son noyau l'a conduite d'abord au stade de la FIG. 16 : elle est devenue binucléée; puis la division de ses deux nouveaux noyaux s'est produite sans que le protoplasme ait donné le moindre signe de sa division ou de la formation des spermatozoïdes. Le développement de ces cellules ne nous est pas connu; mais on peut admettre que, à un moment donné, leur protoplasme, sortant de sa longue inaction, entre en division, pendant que la membrane des quatre noyaux se résorbe. Elles passeraient ensuite par des phases analogues à celles que nous venons de décrire en interprétant les FIG. 10, 11,

12 et **13**, c'est-à-dire qu'elles donneraient naissance à quatre cellules spermatiques possédant chacune un nucléole-noyau.

Nous avons rencontré des cellules plus grandes encore, et contenant cinq ou six noyaux; mais leur rareté est telle que nous sommes portés à regarder leur formation comme une aberration tératologique plutôt que comme un fait normal.

Tels sont les phénomènes que nous avons observés dans les cellules-mères du *Lithobius*. Ils représentent les quatre modes principaux de la multiplication des métrocytes et de la genèse des cellules spermatiques. Nous avons des raisons de croire que la segmentation peut y présenter encore d'autres modifications.

Ainsi les rapports entre les métrocytes et les cellules spermatiques, ou, si l'on veut, la formation des spermatozoïdes, sont fort variables :

1. Tantôt le spermatozoïde commence déjà à se dessiner sur une métrocyte, avant même que le noyau ne présente le moindre vestige de division, et il est ébauché longtemps avant que la cellule spermatique se soit individualisée (FIG. 10).

Nous trouvons donc ici la réalisation de l'un des cas exceptionnels auxquels nous faisons allusion plus haut. En effet la production des quatre filaments, qui précède la division du noyau, est bien le commencement de la division du protoplasme, car ils sont les homologues des cellules spermatiques des FIG. 2 à 5 et 7 à 9, et méritent déjà ce nom, bien que les sillons séparateurs ne soient pas encore achevés.

2. D'autres fois la formation du spermatozoïde est moins précoce; c'est seulement sur des cellules spermatiques parfaitement individualisées, quoique adhérentes encore l'une à l'autre, qu'elle se manifeste avec évidence (FIG. 7, 8, 9).

3. Il arrive aussi que les cellules spermatiques, entièrement émancipées, ne présentent pas la moindre trace d'étirement; telles sont ces petites cellules que nous avons signalées comme un premier terme auquel ferait suite la série des FIG. 2, 3, 4, 5.

4. Enfin l'indication des premiers vestiges du spermatozoïde, est tellement retardée, que, même après la formation des quatre noyaux dans la cellule-mère, rien ne fait présager leur apparition future, que rien ne fait soupçonner encore l'individualisation des cellules spermatiques. Ce cas est rare; il est présenté par les cellules multinucléées dont nous avons parlé tout-à-l'heure, p. 45.

C'est un fait digne d'attention que l'existence de ces divers modes de

segmentation des cellules contenues dans un même testicule, et vivant par conséquent dans les mêmes conditions de milieu. Pourquoi le noyau, qui semble agir pendant la division comme un centre d'attraction sur la masse de protoplasme, comprise dans un certain rayon autour de lui, donne-t-il des marques de son activité à des moments si divers? Ou bien, si l'on n'admet pas cette influence, pourquoi le protoplasme met-il plus ou moins d'empressement à se découper à l'entour des noyaux? Ce sont là des faits auxquels la science actuelle ne peut donner une interprétation satisfaisante.

La division de la cellule-mère, dont le premier stade est esquissé dans la FIG. 10, est des plus intéressante au point de vue de la cytodièrese.

Elle présente en effet deux particularités qui s'observent rarement, surtout dans les cellules animales; nous voulons dire : 1° la précocité de la division du protoplasme qui s'indique, comme dans les spores d'*Anthoceros* et les macrospores d'*Isoetes* (STRASBURGER), avant celle du noyau et, 2° la segmentation simultanée d'une cellule en quatre cellules de même valeur. Nous nous contenterons de signaler ces particularités, sans entrer, à leur égard, dans des considérations qui n'ont pas rapport à notre sujet.

Avant de commencer l'étude de la deuxième étape, résumons succinctement les phénomènes que nous venons d'exposer.

La multiplication des métrocytes, au début de l'activité testiculaire, se fait toujours par simple segmentation, c'est-à-dire que la division du protoplasme y suit régulièrement la division du noyau; la multiplication endogénique ne s'observe donc pas chez le *Lithobius*.

Plus tard, lors de la formation des cellules spermatiques, les rapports entre la division du protoplasme et celle du noyau *deviennent variables*. En effet :

La division du protoplasme s'ébauche parfois avant la division du noyau (FIG. 10, 11, 12, 13);

Elle peut ne commencer qu'après la formation des nucléoles-noyaux (FIG. 2 à 5); et alors, tantôt elle s'achève immédiatement, tantôt elle ne se parfait que plus tard;

Enfin la division du protoplasme, beaucoup plus tardive encore, ne se produit qu'après la reconstitution complète des quatre noyaux dans la cellule.

Dans tous ces cas, la segmentation présente des particularités diverses qui proviennent, comme on a pu le voir, de cette circonstance, qu'elle s'y confond plus ou moins avec les phénomènes de la transformation de la cellule spermatique en spermatozoïde.

Deuxième étape.

La transformation de la cellule spermatique du *Lithobius* en spermatozoïde comprend, comme chez la plupart des animaux, deux séries de phénomènes : 1° *une modification dans sa forme générale*; 2° *des différenciations internes*.

1° *Changement de forme de la cellule spermatique.*

Ce changement se réduit à un simple étirement. Il se manifeste souvent, au début, par la production d'un prolongement mince (FIG. 2 et 3, 10, 11, 14); mais, d'autres fois, il se fait par un allongement plus régulier de toute la masse de la cellule (FIG. 8), qui garde alors à peu près la même épaisseur sur toute sa longueur (FIG. 9, 12).

Ainsi que le montrent nos figures, l'étirement que subit la cellule spermatique, pour prendre la forme du spermatozoïde, est toujours unipolaire au début.

Le nucléole-noyau occupe toujours en effet l'une des extrémités de la cellule étirée, aussi bien dans le cas où les cellules spermatiques sont libres (FIG. 3), que dans celui où elles sont groupées (FIG. 9). Cette extrémité ne s'allonge pas tout d'abord; c'est seulement à un stade plus avancé qu'elle pourra s'accroître un peu en sens opposé (FIG. 11 et 19).

Par la suite, la plupart des filaments deviennent variqueux et moniliformes; à des renflements plus ou moins développés, souvent vacuoleux et ne présentant plus que des traces de protoplasme qui tapissent leurs parois, on voit succéder des étranglements et des portions amincies.

Enfin ces renflements disparaissent et la cellule devient filamenteuse. Toutefois certaines cellules spermatiques gardent, à tous les stades de leur développement, la forme d'un fuseau régulier, plus ou moins effilé à ses extrémités, et arrivent ainsi à la forme du spermatozoïde adulte (FIG. 9, 18).

En même temps qu'elle s'étire, la cellule spermatique augmente de volume. On peut s'en convaincre en comparant les dimensions des cellules représentées, dans les figures 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, à divers états de leur développement.

2° *Différenciations internes.*

Ces différenciations intéressent le noyau aussi bien que la protoplasme.

A. *Phénomènes qui ont pour siège le noyau.*

Dans le mémoire qui va suivre, J. B. CARNOY fait voir que, lors de la division nucléaire des cellules-mères du *Lithobius*, la membrane du nucléole-

noyau se forme très tôt, et de la même manière que la membrane des noyaux ordinaires; tandis que la membrane nucléaire proprement dite s'y établit tardivement, et à une grande distance du nucléole-noyau dans le protoplasme cellulaire.

Lors de la dernière division nucléaire de la cellule-mère, celle qui donne naissance aux cellules spermatiques, la membrane du noyau, dans la plupart des cas, ne se reforme plus, sans doute parce que, au moment où cette division s'opère, la cellule spermatique est déjà trop avancée dans son évolution (FIG. 8, 10, 11, 12, 14); en effet, nous l'avons vu plus haut, elle s'organise seulement quand la division du protoplasme est fort en retard sur celle du noyau FIG. 17. D'ailleurs cette membrane est destinée à disparaître; car on ne la retrouve plus dans les spermatozoïdes en voie de formation.

Ainsi, que cette membrane ait toujours fait défaut, ou qu'elle ait disparu en se résolvant, la cellule spermatique possède un nucléole libre au sein de son protoplasme (FIG. 9 et 19). Plus tard, à un moment donné de l'évolution de cette cellule, la membrane du nucléole entre elle-même en résolution. On trouve bientôt alors les fragments du filament nucléinien plongés dans la masse du cytoplasme. La FIG. 2 nous montre un nucléole dont la membrane est déjà en partie détruite. Dans le stade suivant, cette membrane a complètement disparu. La FIG. 19 montre les mêmes phénomènes dans l'extrémité antérieure de quatre cellules spermatiques. Trois des nucléoles qu'on y aperçoit (1, 3, 4) ont déjà perdu leur membrane : leurs bâtonnets nucléiniens sont plongés dans une aire plus claire que le protoplasme ambiant, et qui est due au plasma nucléolaire, non encore fusionné avec le protoplasme cellulaire. Le nucléole de l'autre filament (2) est au contraire encore intact; néanmoins il subira le sort de ses congénères.

Les bâtonnets nucléiniens, mis en liberté par la dissolution de la membrane, ne tardent pas à se disperser et à se répandre dans la masse plasmatique, comme on le voit dans les FIG. 4 et 5. Là, ils se débitent d'abord en petits fragments qui se colorent encore par le vert méthyle, FIG. 5; mais, tôt ou tard, il devient impossible de retrouver, dans la cellule spermatique, le moindre vestige de nucléine. Il est probable que celle-ci s'y dissout complètement; à moins qu'elle ne se réduise en corpuscules trop petits pour être décelés, au milieu des granules de l'enchylema, par le vert de méthyle. En tout cas, aucun des éléments du spermatozoïde adulte ne se colore plus sous l'influence de ce réactif.

B. *Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme.*

Ces phénomènes consistent dans la formation d'un filament, qui court longitudinalement dans l'axe du spermatozoïde, et d'une spirale qui tapisse la surface interne de sa membrane.

1. Le filament axial apparaît ordinairement avant la spirale. Les FIG. 3, 4, 5, 10, 11, 13, 14, 15 nous le montrent en effet ébauché, ou même tout formé, tandis que la spirale n'existe pas encore.

En étudiant la formation de ce filament, dès l'apparition de ses premiers rudiments, on peut se convaincre qu'il est un produit de la différenciation du réseau plasmatique. Les FIG. 10, 11 et 14 en laissent apercevoir, à l'intérieur des prolongements spermatiques, des tronçons à peine dessinés. Ces tronçons ne sont pas encore des cordons nettement limités; ils sont plus minces et moins réfringents que le filament adulte.

De plus on voit s'en détacher des fibrilles extrêmement ténues, qui semblent se continuer avec le réseau plasmatique dans lequel elles se perdent en divergeant. Ces faits sont d'une observation délicate. Pour les constater, il est nécessaire de faire usage d'un bon objectif à immersion homogène, et de traiter convenablement les matériaux. Une bonne précaution à prendre, pour étudier la première apparition de ces tronçons, c'est d'éviter le contact de l'eau, car, lorsqu'on fait arriver ce liquide sur une préparation de sperme frais, les plus jeunes de ces rudiments disparaissent en quelques instants: il semble qu'ils font retour au réseau plasmatique ordinaire.

Pour les voir, on peut d'abord utiliser la coagulation spontanée, c'est-à-dire examiner les cellules spermatiques six ou dix heures après la mort de l'animal, soit dans leur plasma, soit dans l'eau pure, soit dans un liquide fixateur.

La fixation par la chaleur, obtenue en plongeant le testicule entier dans l'eau à 90° pendant quelques secondes, est aussi un bon moyen pour les déceler. L'acide osmique rend le protoplasme trop opaque, même quand il ne noircit pas trop les cellules; le sublimé corrosif a le même défaut.

La formation du filament axial est le résultat d'un processus, souvent mis en œuvre par la cellule, et dont nous allons esquisser les traits principaux. Au moment où le protoplasme va organiser ce filament, 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.

C'est d'ailleurs par un processus semblable que se forme le filament caudal des spermatozoïdes de la plupart des animaux.

Un certain rapport nous paraît exister entre la formation du filament axial et l'apparition de ces espaces clairs et aqueux, espèces de vacuoles à contours mal limités, dont nous avons déjà signalé la présence dans les renflements des cellules spermatiques (FIG. 13, 21, 22, 25). Il est rare en effet de rencontrer le filament axial plongé dans une masse de protoplasme, homogène dans toute son étendue; la FIG. 20 nous en montre pourtant un exemple.

Le filament axial reste toujours mince; mais la substance qui le constitue, et qui est sans doute de l'élastine ou de la chitine, lui donne de l'élasticité et une grande solidité. Son accroissement en longueur n'est pas en rapport avec celui de la cellule spermatique, il est beaucoup considérable. Aussi, ne peut-il d'abord s'y loger qu'en se pelotonnant dans les renflements, ainsi qu'on peut le voir dans les FIG. 13, 21, 22 et 25; mais, à mesure que la cellule spermatique se développe, il devient rectiligne. Il garde toutefois, pendant longtemps encore, une tendance à s'allonger. Ce qui le démontre, c'est que, très souvent, on le voit sortir par l'extrémité du spermatozoïde que l'aiguille a brisé pendant les manipulations (FIG. 24, xx); ce fait s'observe même sur des spermatozoïdes adultes, recueillis dans les vésicules séminales.

Cette tendance du filament axial à l'allongement joue-t-elle un rôle dans l'étirement de la cellule spermatique? On peut l'admettre. Mais cette cause n'est évidemment pas la seule qui agisse dans la production de ce phénomène, car, dans bien des cas, cet étirement se produit déjà longtemps avant l'apparition d'aucune différenciation au sein de la cellule (FIG. 8, 9, 12, 18, 19).

2. Les FIG. 20 et 21 montrent des spermatozoïdes pourvus d'un filament axial, et dans lesquels la spirale est en voie de formation.

Dès les premiers moments qui suivent son apparition, cette spirale se dessine comme un fil mince, enroulé dans la cellule spermatique, et appliqué contre la surface interne de sa membrane. Ses tours sont alors très rapprochés, tellement qu'ils se touchent pour ainsi dire (FIG. 21, 22).

Quelque temps après, le fil s'élargit et prend la forme d'un ruban aplati, dont les spires s'espacent à mesure que le spermatozoïde s'allonge. Dans le spermatozoïde arrivé à maturité il redevient plus étroit (FIG. 24).

Comme les premiers rudiments du filament axial, la spirale, à son dé-

but, doit à être traitée avec précaution; nous l'avons vu disparaître après un séjour de quelques instants dans l'eau. Il est bon, pour en étudier la formation, de n'employer que des matériaux bien fixés.

L'apparition de cette spirale est due aussi à un phénomène de différenciation du protoplasme, et l'examen des éléments spermatiques, fait en coupe optique, nous permet d'en étudier les divers stades.

Nous représentons, dans la FIG. 22, un tronçon de spermatozoïde vu de cette façon, et dans lequel se dessine la première ébauche de la spirale. La partie inférieure de cette coupe nous montre la membrane de la cellule spermatique, avant l'apparition du filament spiralé; elle y est formée d'une substance très réfringente, et possède une épaisseur uniforme, mais assez considérable. Dans la partie supérieure de la coupe, cette membrane est taillée en arêtes régulières qui font saillie à l'intérieur du tube. Ces arêtes représentent la section des spires qui viennent d'y faire leur apparition; ces spires sont encore très rapprochées. En amenant la surface de ce filament au foyer du microscope, on obtient une image semblable à celle de la FIG. 21.

Dans la FIG. 25, on voit un filament examiné de face en *A*, et en coupe optique en *B*. La spirale est ici plus avancée dans son développement : elle a maintenant la forme d'un cordon aplati, ainsi que l'indique la vue de face aussi bien que la coupe optique, et ses tours sont beaucoup plus espacés.

Un coup d'œil comparatif jeté successivement sur la région supérieure et sur la région inférieure des deux figures 20*B* et 22, nous permettra de constater que la spirale *dérive de la portion interne de la membrane cellulaire*. Cette membrane, telle que nous la représentons, est formée de deux parties, que leur égale réfringence ne permet pas de distinguer l'une de l'autre. La première, située à l'extérieur, est très mince : c'est elle qui ferme les espaces que les tours de spire laissent entre eux. La seconde, l'interne, est beaucoup plus épaisse : c'est elle qui se découpe en spirale.

La couche externe représente la membrane primaire, congénère de la cellule elle-même. Dès son origine, elle paraît formée d'une substance très résistante et réfractaire vis-à-vis des réactifs chimiques, voisine sans doute de l'élastine ou peut-être de la chitine. Quant à la couche interne, elle est de formation secondaire; car elle apparaît tardivement, au moment où la spirale va se former. La couche périphérique du protoplasme, l'utricule primordial de MOHL si l'on veut, subit alors une modification; elle devient plus dense, épaisse et brillante, et se distingue nettement par ces caractères du protoplasme ambiant. Néanmoins cette couche demeure vivante et active. La délicatesse de la spirale qui s'y découpe, délicatesse qui est si grande,

comme nous l'avons vu, indique assez qu'elle ne se transforme que progressivement et lentement en substance réfractaire, élastique ou chitineuse.

Les figures 15, 21, 22 et 24 indiquent que la spirale apparaît en même temps sur divers points du spermatozoïde, qui demeurent séparés par des zones ne montrant encore aucune trace de différenciation; ces zones ne tarderont pas néanmoins à subir, à leur tour, la même métamorphose.

Les phénomènes des deux premières étapes sont identiques chez les Géophiles, à part la formation de la spirale; celle-ci n'existe pas en effet dans le spermatozoïde de ces animaux.

En résumé, la transformation de la cellule spermatique en spermatozoïde comprend plusieurs sortes de phénomènes :

1° *Un phénomène extérieur*, l'étirement de la cellule en un long filament. Cet étirement a un caractère unipolaire.

2° *Des phénomènes internes* qui sont multiples.

Dans le noyau :

- a. La dissolution de la membrane nucléaire;
- b. La dissolution de la membrane du nucléole-noyau;
- c. La dispersion des bâtonnets nucléiniens dans le protoplasme cellulaire;
- d. La disparition de ces éléments nucléiniens.

Dans le protoplasme :

Chez les *Lithobius*,

- a. La formation d'un filament axial, par la différenciation du protoplasme central;
- b. La formation d'une spirale, tapissant la membrane primaire du filament, par la différenciation de la membrane secondaire.

Chez les *Geophilus*,

Cette spirale ne se forme pas.

Troisième étape.

Le spermatozoïde, à sa maturité, est un filament régulier, effilé à ses deux extrémités, à l'intérieur duquel on aperçoit un fil axial, rectiligne et une spirale également très régulière, contenant le premier dans son axe. Nous en représentons (FIG. 24) un tronçon, pris dans la partie moyenne.

Ces filaments sont extrêmement longs et minces : leur diamètre transversal est d'environ 2 microns.

On n'y distingue rien qui puisse être comparé à la tête des spermatozoïdes ordinaires; le vert de méthyle ne colore en effet aucune de ses parties.

Les spermatozoïdes des chilopodes sont donc bien différents des spermatozoïdes ordinaires.

Nous n'avons pas cherché à vérifier l'assertion de FABRE qui prétend avoir vu les mâles suspendre, dans leurs galeries souterraines, de petites masses de sperme au moyen de filaments soyeux, produits sans doute par la coagulation du plasma spermatique. D'après le même auteur, les femelles recueilleraient ces amas de sperme. Quoi qu'il en soit, nous avons trouvé constamment les vésicules copulatrices des femelles, remplies de spermatozoïdes. Ces derniers y sont dans le même état que chez le mâle : on y voit la spirale et le filament axial. Nous y avons cependant observé une modification : ils ont perdu leur élasticité et leur flexibilité, et ils sont devenus très cassants.

A la troisième étape, il y a une différence caractéristique entre les Lithobies, et les Géophiles; *chez les derniers les spermatozoïdes se réunissent en spermatophores*. La FIG. 25 représente un de ces corps.

Comme on le voit, ce sont des disques formés par l'enroulement d'un certain nombre de spermatozoïdes dont les circonvolutions limitent un espace central, vide et hyalin. Ces paquets de spermatozoïdes sont enveloppés dans une gaine qui est formée d'une substance albuminoïde homogène et transparente.

Nous avons rencontré des spermatophores à divers stades de leur formation : c'étaient des anneaux de spermatozoïdes, semblables à celui qu'on voit dans la FIG. 26, mais dont le nombre de filaments était moins considérable, et qui n'étaient pas encore entourés d'une enveloppe albuminoïde.

Il est probable que ces groupements de spermatozoïdes se font, à l'aide de mouvements propres, exécutés par ces derniers. Leur enveloppe résulte apparemment de la coagulation du plasma de la vésicule séminale, à la périphérie du disque : coagulation qui est produite, sans doute, par un ferment présure, distillé par les spermatozoïdes eux-mêmes. Malgré leur profonde différenciation, il n'est pas douteux que ces cellules filamenteuses soient vivantes et capables de sécréter, comme de présenter bien d'autres phénomènes physiologiques.

II.

Insectes.

Les phénomènes des deux premières étapes présentent une grande uniformité chez les différents ordres d'insectes.

L'évolution des cellules-mères et celle des spermatozoïdes possèdent, il est vrai, dans chaque groupe, un facies particulier; mais les processus de la multiplication et de la différenciation, qui s'y déroulent, y sont toujours essentiellement les mêmes; les différences que l'on y observe ne portent que sur les détails.

La première étape se caractérise toujours, à la fois, par de phénomènes de segmentation binaire et des phénomènes de formation endogène.

Dans la seconde on distingue, comme chez les myriapodes :

1° Un changement de forme de la cellule spermatique.

2° Des phénomènes de différenciation interne qui ont pour siège, les uns le noyau, les autres le protoplasme.

Nous placerons l'étude du noyau femelle à la suite de la seconde étape, parce que c'est seulement à la fin de cette période que ce corps problématique devient visible.

Quant à la troisième étape, elle présente au contraire des phénomènes très divers et variables, non seulement d'un ordre à l'autre mais aussi d'un genre à l'autre dans une même famille.

Méthode.

Nous avons employé partout les mêmes procédés opératoires dans l'étude des deux premières étapes et, malgré la diversité des objets auxquels touche l'étude de la troisième, nous n'avons dû, pour l'y adapter, apporter à cette méthode générale, que des modifications peu importantes.

Cette méthode est celle que nous avons indiquée déjà en parlant des myriapodes. Elle consiste à dissocier le contenu du testicule dans une atmosphère humide, et à faire agir sur les éléments spermatiques vivants la solution légèrement acide de vert de méthyle, avant de les fixer par les vapeurs d'acide osmique. En pratiquant la fixation avant la coloration, les résultats sont sensiblement les mêmes. Cependant nous ferons remarquer que l'on obtient alors une localisation moins nette de la matière colorante sur l'élément nucléinien : il arrive en effet souvent que le protoplasme

prend aussi une certaine coloration, tandis que la réaction du vert de méthyle, pour être parfaite, doit le laisser incolore.

C'est cette méthode qui nous a toujours donné les meilleurs résultats dans les recherches ayant pour objet l'élément nucléinien de la cellule.

Toutefois nous avons aussi, dans certains cas, employé la méthode des coupes microtomiques. On opère alors de la manière suivante. Le testicule entier ou sectionné en fragments, suivant ses dimensions, est plongé dans une solution particulière qui est ainsi composée :

HNO ₃ à 46 B ^e	. . . . .	3 volumes.
C ₂ H ₄ O ₂ 15/85 H ₂ O	. . . . .	3 -
Hg Cl ₂ sol. sat. aq. dist.	. . . . .	31 -
Alcool 60°	. . . . .	10 -
H ₂ O	. . . . .	53 -
		<hr/>
		100 -

On laisse séjourner l'objet pendant 10 à 15 minutes, dans 30 cc. environ de cette liqueur. Passé ce temps, on ajoute, en plusieurs fois, au liquide contenant les pièces, son volume d'alcool à 90°. On attend ensuite dix minutes pour les extraire et les porter dans l'alcool pur, au même degré, où ils sont conservés. Pour les colorer, on les enlève de cet alcool et on les porte dans l'eau distillée; après quelques minutes, elles tombent au fond du vase, et on les y laisse pendant un quart d'heure.

On décante alors le liquide, qui est remplacé par le vert de méthyle, le picrocarmin, l'alun carminé, la safranine en solution aqueuse sursaturée ou en solution alcoolique. L'emploi de cette dernière solution dispense évidemment du lavage à l'eau, mais elle nous a donné de moins bons résultats que la solution aqueuse.

On passe ensuite à l'alcool absolu et au chloroforme, et l'on enrobe les pièces dans la paraffine; en pratiquant cette dernière opération on a soin de ne pas dépasser la température de fusion de la paraffine.

Cette méthode ne nous a guère servi que dans l'étude des rapports des cellules.

Au besoin nous avons employé également, pour dissocier le contenu des testicules, le liquide suivant :

Na Cl. sol. à 10 o/o aq. dist.	. . . . .	1 volume.
Sol. très acide de vert de méthyle	. . . . .	1 -

Ce liquide rend plus facile la dissociation des colonies, mais il n'est pas favorable à l'étude du noyau.

Nous conservons généralement les préparations dans la liqueur de RIPARI et PETIT; seulement nous trouvons utile d'y remplacer le camphre par le thymol.

Enfin, la méthode suivante nous a paru avantageuse, dans certains cas, surtout pour la préparation des organes entiers assez opaques et en même temps délicats. Les pièces extraites à sec, comme d'habitude, sont exposées pendant quelques minutes à la vapeur d'alcool, puis colorées, et montées dans une solution conservatrice dont voici la formule :

Alcool à 60 p. o/o d'eau	= 60 cc.
Eau distillée	= 30 cc.
Glycérine	= 30 cc.
Sol. d'acide acétique cristall., à 15 p. 85 d'eau	= 2 cc.
Chlorure mercurique	= 0,15 gr.

Lorsqu'on a coloré au vert de méthyle il est bon, avant de luter la préparation, d'y ajouter une gouttelette de cette matière colorante.

A. Lépidoptères.

La durée de la vie, à l'état d'imago, est en général fort courte chez les lépidoptères; elle varie de quelques heures à quelques jours. Aussi, contrairement à ce que l'on observe chez tant d'autres animaux, ce n'est pas dans la forme adulte que se passent les principaux phénomènes de la spermatogénèse; c'est pourquoi l'observateur doit diriger ses recherches sur les deux formes qui précèdent l'imago, la larve et la nymphe, s'il veut en étudier toutes les phases successives.

Chez certaines espèces, les phénomènes des deux premières étapes s'opèrent dans la larve, car on y trouve déjà, vers le moment de la mue nymphale, des spermatozoïdes presque achevés, bien que l'appareil génital y soit encore peu développé. Il en est ainsi généralement chez celles dont la nymphose dure peu de temps (*Vaessa*, *Chelonia*, *Liparis*, etc.).

Mais ailleurs, le testicule reste beaucoup plus rudimentaire pendant toute la période larvaire, tellement qu'il est fort difficile de l'y découvrir par la dissection. Aussi ne peut-on étudier sur cet organe que les toutes premières phases de la première étape : l'évolution des cellules-mères ne fait qu'y débiter; elle se poursuit dans la nymphe, où apparaissent également, plus tard, les premières cellules spermatiques. C'est dans la nymphe aussi que s'opère la première ébauche des spermatozoïdes; cependant ces

éléments n'arrivent à leur parfait achèvement que chez l'adulte. Ce deuxième cas s'observe chez les espèces qui passent à l'état de nymphe un temps considérable, comme celes qui ont des nymphes hivernantes. Toutefois quelques espèces, dont la nymphose est relativement de courte durée, se rangent aussi dans cette catégorie : telles sont certaines phalènes et certains bombycides.

Quelle que soit la période vitale à laquelle ils se produisent, les divers phénomènes de la spermatogénèse présentent, dans tous les lépidoptères, une uniformité si grande que nous pouvons nous borner, dans ce chapitre, à exposer d'une manière détaillée les résultats de nos recherches sur les deux genres *Pieris* et *Chelonia*; nous signalerons, à l'occasion, les légères différences que nous avons observées dans les autres genres.

Pour découvrir le testicule chez la larve de *Chelonia*, on fixe l'animal sur le dos, et l'on incise longitudinalement la peau, sur la ligne médiane ventrale. On enlève ensuite l'appareil digestif. On voit alors, en soulevant quelques lobes du tissu adipeux, deux corps réniformes, verdâtres et situés symétriquement de chaque côté du vaisseau dorsal, vers le huitième segment du corps. Ce sont les testicules. Nous n'avons pas à décrire ici la structure de ces organes et de leurs appendices, structure qui, du reste, varie avec l'âge de l'animal; nous n'avons à nous occuper que de leur contenu.

La préparations des éléments spermatiques ne présente d'ailleurs aucune difficulté. On enlève délicatement le testicule avec les pinces; puis on le place sur un porte-objet, dans une goutte de vert de méthyle. On perce alors la glande avec la pointe du scalpel: il en sort un plasma dans lequel nagent les cellules spermatiques, que l'on écarte les unes des autres, au moyen des aiguilles, et que l'on fixe à la manière ordinaire.

Première étape.

L'état des éléments spermatiques, contenus dans la glande larvaire, varie avec l'âge de la larve. Parmi ces éléments, les plus jeunes qu'il nous ait été donné d'étudier, nous les avons trouvés sur des larves de *Chelonia*, écloses dans notre laboratoire, vers le milieu d'octobre.

Ces larves, âgées de dix jours au moment où nous les avons examinées, avaient à peine cinq millimètres de longueur. Leur testicule mesurait environ $\frac{1}{4}$ de millimètre. La dissection d'un organe aussi tenu n'est pas sans difficultés. Cependant en dilacérant sous le microscope muni d'un faible système grossissant (A, 1, ZEISS) le testicule de ces jeunes larves, on en fait sortir quatre masses ellipsoïdales. L'emploi d'un objectif plus puissant fait voir

que ces corps sont composés d'un grand nombre de petites cellules agglomérées, contenues dans une mince membrane commune (FIG. 27).

Ce sont bien là, sans doute, les sphères que BESSELS (1) représente dans son mémoire sur le développement des glandes sexuelles des lépidoptères.

Voici comment BESSELS comprend la genèse de ces corps. La glande génitale dérive, d'après lui, des cellules polaires, étudiées précédemment par WEISMANN. Le développement de ces cellules, chez le mâle, aboutit d'abord à former deux capsules testiculaires munies d'un rudiment de canal excréteur, et remplies de cellules uninucléées en liberté. Ce stade s'observe avant l'éclosion de l'œuf.

Après l'éclosion, on trouve, dans chacune des deux capsules, les quatre masses ellipsoïdales dont nous avons parlé, et, à côté d'elles, un certain nombre d'autres cellules libres. BESSELS pense que ces agglomérations se sont formées par l'union et l'agglutination d'un certain nombre de cellules primitives, jusque là isolées, du testicule embryonnaire.

Les cellules libres, qui persistent à côté des quatre massifs, ne sont pour lui qu'un résidu, destiné à disparaître, des cellules primitives; elles sont donc les homologues de celles qui ont pris part à la formation des massifs eux-mêmes. Ce n'est là, de la part de BESSELS, qu'une simple opinion interprétative, en faveur de laquelle il ne s'attache pas d'ailleurs à fournir de preuves.

Pour nous, sans avoir fait de la question une étude approfondie, nous croyons plutôt que ces amas de cellules sont de jeunes colonies, nées par voie endogène dans une cellule-mère; la membrane qui les enveloppe représente la membrane de cette même cellule. Ils sont en effet identiques à ceux dont on peut suivre la formation dans les larves plus âgées. De plus, ainsi que nous le verrons, les cellules qui constituent ces colonies primitives présentent, dans leur évolution, la même succession de phénomènes que celles de toutes les autres colonies.

Nous pensons donc qu'il faut rapporter la formation de chacune de ces agglomérations, non pas à l'union secondaire des cellules libres du testicule mais à la division endogène d'une seule cellule-mère; c'est-à-dire, en un mot, au processus qui s'observe le plus fréquemment durant la première étape de la spermatogénèse. Nous regardons les cellules indépendantes, qui remplissent la cavité des plus jeunes testicules, comme les métrocytes primordiales. Parmi ces cellules, quatre seulement deviennent fertiles et donnent

(1) BESSELS. *Studien u. d. Entw. d. Sexualdrüsen bei den Lepidopteren*. Zeit. f. wis. Zool, t. 7, 1867, Taf. XXXII, FIG. 3, 4, 5, 6.

naissance par voie endogène aux colonies primitives (FIG. 27); les autres s'atrophient, ainsi que le dit BESSELS (1).

Cette interprétation, qui toutefois demande à être vérifiée par l'observation directe, nous paraît plus en harmonie avec l'évolution successive des cellules-mères, que l'hypothèse de BESSELS. L'union temporaire des cellules-mères, destinées à se séparer bientôt, est du reste un phénomène qui n'a jamais été constaté *de visu*, pendant la première étape de la spermatogénèse.

Avant d'entrer plus avant dans notre sujet, il nous paraît nécessaire de préciser, une fois pour toutes, le sens que nous attribuons à l'expression *formation endogène*. Ces mots s'appliquent en effet à un mode de multiplication cellulaire, qui a été interprété différemment par les auteurs. Dans ce travail, ils désigneront exclusivement le mode de multiplication qui comprend la série des phénomènes suivants :

1° *Divisions nucléaires.*

Le noyau unique de la cellule-mère se divise; les deux nouveaux noyaux se divisent à leur tour, et leurs descendants font de même, peu de temps après leur formation.

Tandis que se manifeste cette activité nucléaire, le protoplasme demeure inactif et comme étranger aux phénomènes qui se passent dans son sein; la cellule-mère devient donc multinucléée, et persiste comme telle pendant un certain temps.

2° *Division protoplasmaticque.*

Le moment étant venu, le protoplasme entre tout à coup en activité : il se groupe autour de chaque noyau, se répartissant ainsi en autant de petites masses séparées, qui organisent bientôt à leur surface une membrane plus ou moins différenciée, et qui sont autant d'individus cellulaires nouveaux. Ce phénomène se produit simultanément, ou presque simultanément, autour de tous les noyaux de la cellule-mère.

Tel est donc, à notre avis, le travail qu'ont dû subir les quatre métrocytes primordiales qui sont devenues fertiles et qui ont donné naissance aux quatre masses ellipsoïdales, dont il a été question plus haut.

Recherchons maintenant quel sera le sort ultérieur des cellules-filles de cette première génération endogénique.

Ces cellules se multiplient.

(1) Notons toutefois que, d'après METSCHNIKOFF, les cellules polaires ne donnent naissance qu'aux cellules germinatives, et non aux cellules des tuniques et du canal excréteur. S'il en était ainsi, il faudrait considérer les cellules polaires elles-mêmes comme les métrocytes primordiales.

En effet, si nous examinons le contenu testiculaire d'une larve un peu plus âgée, ayant environ 10 millimètres de longueur, nous y trouvons encore quatre colonies semblables, mais beaucoup plus volumineuses et renfermant un nombre beaucoup plus considérable de cellules. Cette augmentation, que l'on peut constater en comparant les FIG. 27 et 28, est due évidemment à la segmentation binaire des cellules-filles primitives. En dissociant les plus jeunes d'entre ces colonies, fournies par des larves de 10 millimètres, opération qui exige assez de patience, nous ne sommes point parvenu à en dégager de cellule multinucléée, mais nous y avons observé, à différentes reprises, divers stades de la segmentation binaire.

La segmentation binaire est donc le mode de multiplication qui est mis en œuvre par les cellules-filles de première génération, au début de leur activité; c'est là un fait d'observation.

Les plus âgées d'entre ces mêmes colonies, c'est-à-dire les plus volumineuses, renferment au contraire, parfois déjà, quelques cellules multinucléées. Celles que nous représentons dans la FIG. 29 proviennent d'une colonie de cet âge. Plus tard le nombre des cellules multinucléées augmente de plus en plus, et celui des noyaux qu'elles hébergent devient aussi plus grand.

Mais tandis que la division nucléaire se poursuit avec activité, le protoplasme de ces cellules, s'il n'effectue aucun mouvement propre à la division, ne reste pourtant pas inactif : il se nourrit et augmente beaucoup de masse. Aussi la colonie tout entière prend-elle bientôt des dimensions beaucoup plus considérables.

La membrane qui l'entoure se dilate d'abord énormément, tout en s'épaississant un peu. Mais bientôt elle commence à subir, de la part des cellules qu'elle contient, une action destructive : elle est digérée et résorbée par ces cellules; c'est pourquoi elle ne tarde pas à disparaître complètement.

On peut trouver alors, mais seulement dans des larves plus âgées, ainsi que cela nous est arrivé une fois, des amas mamelonnés, formés d'éléments divers, restant encore adhérents les uns aux autres, sans plus être maintenus par une membrane. Ces amas, colonies prêtes à se dissocier, étaient formés par des cellules multinucléées, et surtout par des éléments plus avancés où la division du protoplasme s'était déjà effectuée, c'est-à-dire par de jeunes colonies de seconde génération.

Ces faits démontrent que, *si la multiplication des cellules-filles des métrocytes primordiales se fait d'abord par segmentation, ce mode y fait bientôt place à la formation endogène.*

Comment vont se comporter, à leur tour, ces métrocytes issues de la seconde génération endogène?

C'est ce que nous allons examiner, en étudiant le contenu du testicule des larves plus développées.

En dissociant sur un porte-objets le testicule d'une larve de *Chelonia*, peu de temps avant la mue nymphale, on en fait sortir un grand nombre d'éléments, parvenus à des stades de développement très divers. On y voit d'abord des cellules contenant un seul noyau (FIG. 32) : elles proviennent sans doute de la rupture de certaines colonies qui ont eu à souffrir de la manipulation; mais on y remarque beaucoup plus de cellules multinucléées possédant de deux à trente noyaux (FIG. 33 et 34), et une grande quantité de colonies, différant l'une de l'autre par le nombre autant que par la grandeur, la forme et la disposition de leurs cellules-filles (FIG. 30. 31. 35 à 39). A ces éléments se trouvent entremêlés des faisceaux de spermatozoïdes déjà très développés (FIG. 46).

Les noyaux de toutes ces cellules sont volumineux et contiennent un filament nucléinien, continu et assez gros, que nous représentons ordinairement en coupe optique. On trouve en général, aussi bien dans les cellules uninucléées des colonies, que dans les cellules multinucléées, que les noyaux sont d'autant moins volumineux que le nombre de divisions nucléaires s'y est multiplié (FIG 32, 33, 34, 35). La même remarque, concernant le volume, s'applique aux cellules elles-mêmes : elles sont d'autant plus petites dans une colonie, qu'elles y sont plus nombreuses.

La coexistence de ces divers éléments prouve à l'évidence que, les métrocytes, à ce moment, sont encore en pleine multiplication endogénique. Il n'est point difficile, en effet, de disposer ces éléments dans un ordre naturel, et de reconstituer ainsi la série complète des phénomènes que présente ce mode de division. Aussi pensons-nous que, si DE LA VALETTE S^t GEORGE n'avait pas porté spécialement son attention sur les phénomènes de la deuxième étape, il eût certainement reconnu la filiation de ces divers éléments, au lieu de se borner à en signaler l'existence.

La division du protoplasme dans les cellules multinucléées, se fait le plus souvent lorsque le nombre des noyaux s'élève à vingt-cinq ou trente; les plus jeunes colonies se composent en effet de vingt-cinq ou trente cellules. Toutefois, on en rencontre aussi de moins riches, dont le nombre de cellules est de moitié moindre.

En dissociant à demi une de ces jeunes colonies, on constate qu'il ne reste, entre ses cellules, que de très faibles traces de protoplasme : à peu

de chose près, tout le protoplasme de la cellule-mère est donc employé à la formation des cellules-filles.

A ce moment, les colonies constituent des masses sphériques ou ellipsoïdales *solides*.

A peine formées, mais après avoir toutefois augmenté un peu de volume, les cellules-filles commencent elles-mêmes à se multiplier. Leur entrée en activité se manifeste d'abord par la division de leur noyau. Ce phénomène débute et se poursuit avec une simultanéité remarquable, dans toutes les cellules-filles d'une même colonie : on a fréquemment sous les yeux des colonies, semblables à celles de la FIG. 31, dans lesquelles les noyaux de toutes les cellules sont en division, et souvent pour ainsi dire au même stade de la division, en même temps.

Il n'est guère douteux, pour nous, que les agglomérations de cellules dépourvues de noyau, dont LANDOIS signale l'existence, n'aient été des colonies dont tous les noyaux se trouvaient en division : les diverses phases de la caryocinèse échappent en effet facilement à l'observateur inattentif. On s'explique d'ailleurs facilement l'erreur de LANDOIS, en songeant à l'insuffisance des moyens d'investigation dont il pouvait disposer, il y a vingt ans.

La division du protoplasme, dans les cellules primitives des colonies, suit de près la caryocinèse : on le voit bientôt, en effet, s'étrangler entre les deux nouveaux noyaux; mais ce phénomène est loin de se présenter, dans toutes les cellules-filles, avec la même simultanéité et le même ensemble que la division nucléaire.

Beaucoup de colonies jeunes présentent ces phénomènes de segmentation; jamais on n'y voit de cellules multinucléées. Nous retrouvons donc ici la loi que nous avons établie plus haut au sujet des colonies primitives : *la multiplication des cellules-filles se fait d'abord par segmentation*. Qu'il nous soit permis de faire remarquer, que cette multiplication des cellules-filles par segmentation, au sein des colonies, est un fait qui, jusqu'ici, n'a été signalé par aucun observateur, à notre connaissance du moins. C'est une lacune que présentent même les travaux de MEYER, BESSELS et LANDOIS, qui ont le plus porté leur attention sur l'évolution des métrocytes.

Tout en se multipliant, les cellules de la colonie se nourrissent, augmentent de volume et se disposent en une seule couche pariétale, limitant une sphère régulière, creuse, ne contenant dans sa cavité centrale qu'un liquide hyalin, des traces de protoplasme et, parfois aussi, quelque cellule

égaré. MEYER (1), en 1849, avait déjà reconnu cette constitution des colonies. DE LA VALETTE S^t GEORGE (2), au contraire, les décrit comme des sphères, possédant, une membrane multicellulaire, dont la cavité est remplie de cellules; ces cellules internes constitueraient même, à elles-seules, les éléments spermatiques de la colonie. Il suffit d'amener au foyer du microscope le plan équatorial de ces sphères, pour reconnaître qu'elles sont creuses; du moins si l'on se sert de matériaux bien fixés, et non écrasés par le couvre-objets. Toutefois, pour lever tous les doutes à cet égard, nous en avons fait des coupes microtomiques. Celle que nous représentons dans la FIG. 31, a été exécutée à travers une colonie tirée du *Bombyx rubi*. On y voit les éléments rangés en épithélium, et limitant une cavité vide de cellules.

Quant à préciser quels sont les moments mécaniques qui interviennent dans la formation de ces sphères creuses, c'est une question qu'il n'est pas plus facile de résoudre, pour le cas présent, que pour la formation des vésicules blastodermiques. Nous n'insisterons pas sur ce point.

La simultanéité que nous avons signalée dans la division nucléaire des diverses cellules d'une colonie s'altère bien vite : elle ne s'observe déjà plus lors de la division des noyaux de deuxième génération. Les rapports de temps, entre la division du noyau et la division du protoplasme y deviennent aussi plus variables encore que précédemment : la seconde commence bientôt à rester en retard sur la première, et l'on voit apparaître les cellules multinucléées.

On peut trouver alors dans une colonie, à côté de cellules uninucléées dont le noyau est resté à l'état quiescent, des cellules présentant tous les stades de la caryocinèse et enfin, des cellules multinucléées. Aussitôt que ces derniers éléments ont fait leur apparition, les colonies, si régulières au début, se modifient notablement : leur cavité se déforme et se remplit bientôt de cellules à divers états de développement. La suite de l'évolution des métrocytes ne laisse pas de doute sur le sort ultérieur de ces cellules multinucléées : toutes sont destinées à donner naissance à une nouvelle colonie.

La formation endogène remplace donc bientôt la segmentation binaire dans les cellules-filles des colonies subséquentes, comme dans celles des colonies primaires et secondaires, d'où elles sont issues.

(1) MEYER. Loc cit.

(2) DE LA VALETTE S^t GEORGE. Archiv f. mik. Anat.

Parmi les colonies de toute grandeur que renferme le testicule, à cet âge, il s'en trouve un certain nombre qui présentent des caractères particuliers : les cellules qu'elles renferment sont beaucoup plus petites, et en même temps plus nombreuses que celles de toutes les colonies que nous avons examinées jusqu'ici, à part, toutefois, les colonies primitives (FIG. 28). La FIG. 35 en représente un exemple.

Ces colonies constituent un élément nouveau que l'on n'observe pas dans les larves plus jeunes.

Leurs faibles dimensions ainsi que l'accroissement numérique de leurs cellules, résultent de ce que la segmentation a été poussée plus loin qu'elle ne l'est normalement dans les colonies des générations précédentes. De plus, la formation endogène n'y vient plus remplacer la segmentation : en effet il ne s'y forme plus de cellules multinucléées, la division du protoplasme s'y faisant toujours peu de temps après celle du noyau. Lorsqu'elles ont atteint un nombre déterminé on les voit subir certains changements morphologiques. La FIG. 36 nous montre une colonie semblable; à demi dissociée : les cellules y ont subi déjà un commencement d'allongement. Dans la FIG. 37, elles sont plus allongées encore et ont pris la forme d'un fuseau régulier. Ces modifications, qui sont le prélude de leur transformation en spermatozoïdes, nous permettent de reconnaître en elles les cellules spermatiques. On peut s'en assurer en jetant les yeux sur les FIG. 38, 39 et 44, qui représentent des stades plus avancés de leur développement.

Tels sont les phénomènes de la première étape chez les lépidoptères. Les figures que nous en donnons, n'ont rapport qu'aux genres *Chelonia*, *Pieris* et *Bombyx*; mais ces phénomènes sont semblables dans beaucoup d'autres genres.

Le fait qui caractérise cette étape, c'est la succession régulière de la formation endogène et de la segmentation binaire dans les cellules-mères.

Avouons toutefois que n'ayant pas constaté, avec autant de certitude que sur les colonies primitives, l'existence de cette succession dans les diverses colonies que contiennent les larves âgées, nous n'affirmons pas que ce rythme soit, dans tous les cas, rigoureusement observé. Nous ne serions même pas étonné si l'on venait à constater que, dans certains cas, les cellules-filles deviennent multinucléées dès leur entrée en activité, sans avoir préalablement subi la segmentation. La segmentation et la formation endogène ne sont, en effet, que deux modes particuliers, deux manières d'être de la division cellulaire. Ils ne diffèrent entre eux que par le retard, plus ou moins grand, apporté dans la division du protoplasme sur la division

du noyau. On conçoit sans peine que certaines causes, internes ou externes, puissent provoquer ou empêcher ce retard, et amener ainsi le remplacement de l'un des modes par l'autre. Une variation aussi minime n'étonne pas lorsqu'on songe à l'infinie variété de moyens que la cellule met en œuvre pour arriver à ses fins.

Néanmoins, nous pensons que le premier mode est, de loin, le plus généralement employé.

Il ne nous est pas possible de déterminer le nombre de générations endogènes successives, qui précèdent l'apparition des colonies de cellules spermatiques. Ce nombre n'est certainement pas inférieur à trois; mais nous ne pourrions décider s'il est fixe ou variable. Il nous paraît toutefois qu'il est plutôt variable, et que, dans certains cas, il pourrait bien dépasser de beaucoup le chiffre précédent, qui doit être regardé comme un minimum. Cette question n'a du reste, que peu d'importance.

Rappelons que BESSELS, le seul auteur qui ait signalé la répétition des formations endogènes dans les cellules-mères, y admet deux ou trois générations successives.

Résumons, en terminant cette étude de l'évolution des cellules-mères, la série de phénomènes qui caractérise cette première étape :

1° Les cellules-mères, qui remplissent les testicules de l'embryon des lépidoptères, à leur éclosion, sont des métrocytes primitives : quatre d'entre elles seulement deviennent fertiles.

2° Ces quatre cellules donnent naissance, par voie endogène, aux quatre colonies primitives.

3° Au début de l'activité des cellules-filles de cette première génération la division du protoplasme suit de près la division du noyau : elles se segmentent en deux cellules nouvelles.

4° Un peu plus tard, la division du protoplasme reste en retard sur la division du noyau : les cellules, nées par segmentation dans la colonie, deviennent multinucléées. A un moment donné, la division du protoplasme s'opère : elles donnent naissance aux colonies de deuxième génération.

5° La répétition des mêmes phénomènes, segmentation et formation endogène, s'observe dans l'évolution de toutes les métrocytes. Le nombre des générations endogènes, dont le testicule est le siège, ne peut être inférieur à trois; mais il est probablement plus considérable.

6° Dans certaines colonies, la segmentation est poussée plus loin et la formation endogène ne se produit plus. Les nombreuses petites cellules qu'elles renferment constituent les cellules spermatiques, dont l'ensemble formera bientôt un faisceau de spermatozoïdes.

Deuxième étape.

I. Changement de forme de la cellule spermatique.

Ce changement de forme consiste en un simple allongement, qui est poussé jusqu'à transformer la cellule en un mince filament. Les FIG. 36 à 39, représentent des colonies de cellules spermatiques à divers stades de leur élongation.

Le fait que l'on trouve toujours le noyau à l'une des extrémités de la cellule en voie d'étirement (FIG. 37), indique assez que cet allongement est unipolaire, comme chez les chilopodes. Les FIG. 37, 38 et 39 nous montrent que, dans une colonie de cellules spermatiques issues d'une même cellule-mère, ces éléments s'orientent tous de la même manière; tous présentent en effet leur extrémité nucléaire, ou céphalique, dirigée vers le même pôle de la cellule-mère. Ce fait ne devient sensible que dans des colonies assez avancées, car, au début de l'étirement, il est difficile de juger de leur orientation. Il nous a semblé toutefois qu'à ce moment, ils sont disposés suivant le rayon de la sphère qu'ils constituent, et dirigent vers le centre de celle-ci leur extrémité allongée. C'est seulement, par suite de leur croissance, qu'ils se disposent parallèlement les uns aux autres, et font ainsi passer la colonie de la forme sphérique à une forme cylindrique.

Aussi longtemps que leur développement ne dépasse pas le stade représenté dans la FIG. 37, les cellules spermatiques se distinguent facilement l'une de l'autre, mais, plus tard, elles semblent se fusionner. C'est ainsi que dans le stade de la figure 38, comme dans tous les stades plus avancés, il n'est plus possible de les discerner qu'à leur extrémité antérieure; on n'aperçoit dans tout le reste de la colonie qu'un écheveau de filaments minces, plongés dans une masse de protoplasme. Il semblerait alors, si l'on ne connaissait les stades antérieurs, que le filament caudal, ou axial, de tous les spermatozoïdes se découpe dans une seule masse protoplasmique, restée indivise, ou dans une syncytium résultant de la fusion des cellules spermatiques.

Cette apparence est due à l'accolement intime de ces cellules, à la minceur extrême de leur membrane, et surtout à la présence d'une masse considérable de protoplasme qui les enrobe comme dans une glu. L'illusion se dissipe lorsqu'on dissocie ces colonies : on peut y voir alors, comme dans notre FIG 39, les cellules spermatiques parfaitement distinctes les unes des autres. Cette FIG. 39 représente, à l'état de dissociation, une colonie un peu moins avancée que celle de la FIG. 38.

Nous prions le lecteur de remarquer que, à partir du n° 33, toutes les figures sont dessinées sous un grossissement plus fort (1,12, 4).

On observe, vers la fin du développement, que l'extrémité céphalique de la cellule spermatique s'allonge à son tour, bien que faiblement, comme cela se voit chez les *Lithobius*, p. 48; ainsi, à cette époque, l'étirement se fait aux deux pôles, mais il se fait inégalement. La partie antérieure, ainsi formée plus tardivement, restera toujours distincte de la partie située en arrière du noyau. Cette dernière, beaucoup plus longue, constituera la queue; la première, située en avant du noyau, constituera le *segment procéphalique* du spermatozoïde. Pendant que l'on voit surgir, dans le protoplasme et le noyau de la cellule spermatique, les différenciations internes que nous étudierons bientôt, le segment caudal et le segment procéphalique continuent à s'allonger, et à s'amincir en se régularisant. Notons enfin que les segments procéphaliques prennent de bonne heure, comme les têtes elles-mêmes, une forme linéaire et une direction parallèle, ainsi qu'on le remarque dans les FIG. 45, 46 et 47.

II. *Différenciations internes.*

A. *Phénomènes qui ont pour siège le noyau.*

Les noyaux des cellules spermatiques ont des dimensions bien inférieures à celles qu'ils atteignaient généralement pendant la première étape.

À part cette différence de volume, ces noyaux ne présentent encore aucune particularité remarquable au début de l'allongement des cellules. Ils ont la structure ordinaire des noyaux typiques : on y observe un filament nucléinien entortillé, très mince, continu ou fragmenté (FIG. 35 à 40).

Mais bientôt des changements se manifestent dans leur structure : toutes les anses, ou tous les fragments du filament, se soudent et se fusionnent. On trouve alors l'élément nucléinien réuni en une seule masse sphéroïdale, en apparence homogène. Cette petite sphère (FIG. 41) est contenue dans une capsule dont la paroi représente la membrane du noyau. On conçoit aisément que cette sphérule, résultant de la fusion intime de toutes les anses nucléiniennes, ne puisse plus remplir complètement la cavité nucléaire, et qu'elle y laisse un certain espace inoccupé. Cet espace, compris entre la membrane et la sphérule, contient un liquide hyalin et quelques granules, faibles restes du caryoplasma.

Ces masses solides de nucléine se colorent très intensément par le vert de méthyle, tandis que le reste de la cavité nucléaire demeure parfaitement incolore.

Il survient bientôt des changements dans la forme de la sphère nucléinienne. Elle devient ovoïde (FIG. 42), puis fusiforme (FIG. 43 et 44); enfin, son allongement continuant toujours, elle se transforme en un filament très mince, ainsi qu'on le voit dans les FIG. 45, 46 et 47. Elle constitue alors la tête du spermatozoïde.

Ce changement morphologique de la masse nucléinienne est connexe d'un changement semblable qui s'observe dans le noyau tout entier. En effet celui-ci passe également, peu de temps après, de la forme sphérique à la forme allongée et amincie qu'il présente dans les FIG. 43 et 44. En même temps sa cavité se rétrécit; elle est déjà très faible dans le stade indiqué par la FIG. 44, et, dans les figures suivantes, elle a complètement disparu. C'est ainsi que la membrane du noyau arrive à enserrer étroitement la masse nucléinienne, et finit par ne plus être discernable. Cette portion, formée par le noyau, constitue la tête du spermatozoïde, en prenant cette expression dans le sens que nous avons défini. Elle se rattache en avant au segment procéphalique, et en arrière, au segment caudal.

On peut voir, dans la FIG. 36, plusieurs stades successifs de la transformation du noyau en tête. Les noyaux de la FIG. 38 appartiennent à des cellules plus allongées; néanmoins ils sont tous à un stade moins avancé, car on y voit partout l'élément nucléinien affecter encore la forme filamenteuse. Ces faits démontrent que les phénomènes, qui ont pour siège le noyau, s'opèrent à des moments divers de l'évolution de la cellule spermatique.

B. *Phénomènes ayant pour siège le protoplasme.*

Tandis que l'étirement des cellules spermatiques se fait, on voit apparaître au sein de leur protoplasme, un filament axial, identique à celui dont nous avons décrit la formation chez les *Lithobius*. La petitesse des cellules, autant que les manipulations auxquelles on doit les soumettre, pour les isoler, rendent difficile l'étude de sa formation. Nous ne doutons pas, toutefois, qu'il ne résulte de la réunion des trabécules du réticulum plasmatique, comme nous l'avons dit en parlant des chilopodes. Il apparaît en divers points du protoplasme par tronçons qui se rejoignent plus tard (FIG. 41). Ainsi élaboré, ce filament axial se développe et s'étend bientôt dans toute la longueur du spermatozoïde. En avant, il se rattache au noyau, ainsi qu'on peut le voir représenté dans les FIG. 40, 42, 43.

Le moment de l'apparition du filament axial n'est pas rigoureusement le même pour tous les spermatozoïdes. La FIG. 40 le montre déjà bien formé dans un spermatozoïde dont le développement est encore peu avancé. La longueur de ce spermatozoïde, comme de tous ceux de la colonie d'où il est tiré, ne dépassait guère en effet celle que nous donnons dans cette figure au filament axial, *ax*; et son noyau présentait encore un boyau nucléinien parfaitement distinct. D'autres fois au contraire, ainsi que nous le représentons dans la FIG. 39, on rencontre des colonies dont les spermatozoïdes, beaucoup plus développés que les précédents, ne possèdent pas encore de filament axial. On en voit même dans lesquels l'élément nucléinien est déjà fusionné en une seule masse, et où cependant l'œil ne distingue pas le moindre vestige de ce détail intérieur.

A mesure que la cellule spermatique s'allonge, elle devient ordinairement variqueuse, et présente des espaces vacuoleux comme celle des *Lithobius*. Il semble que le protoplasme, employé à la formation du filament axial, laisse des vides dans les parties les plus épaisses de la cellule.

Bientôt tous les renflements disparaissent. La membrane cellulaire s'applique intimement sur le noyau étiré aussi bien que sur le filament axial, et se fusionne avec eux; il devient dès lors impossible de la distinguer de ces deux éléments.

Nous n'avons pas observé de filament axial dans le segment procéphalique; nous pensons qu'il ne se forme pas dans cette région.

Élément femelle.

Ainsi que nous l'avons vu, il existe, entre les cellules de toutes les colonies qui sont représentées dans les FIG. 35 à 47, une certaine quantité de protoplasme ordinaire.

Ce protoplasme demeure peu abondant et difficile à mettre en évidence, aussi longtemps que l'allongement des cellules spermatiques ne s'est pas produit. Mais sa masse augmente beaucoup pendant les premières phases de la deuxième étape; il devient en effet bientôt visible en dehors du faisceau de spermatozoïdes.

Chez les *Chelonia*, il s'accumule au devant des têtes (FIG. 44); chez d'autres espèces, il se masse davantage sur les côtés. Il peut aussi devenir beaucoup plus abondant que chez les *Chelonia*: tel est, par exemple, le cas des noctuelles. C'est d'une noctuelle adulte qu'est tirée la FIG. 47 qui représente une colonie de spermatozoïdes, assez avancés déjà mais encore contenus dans une véritable cellule.

On voit apparaître dans le protoplasme antérieur des *Chelonia* (FIG. 44), un noyau, *nf*: c'est le noyau femelle.

Chez d'autres lépidoptères, on observe souvent plusieurs noyaux femelles, qui sont alors habituellement distribués sur les parties latérales du faisceau. Nous en représentons un exemple dans la FIG 45 (*Pieris brassicæ*). MEYER en a vu deux, toujours placés aux extrémités du faisceau, chez l'*Hypnomena variabilis*.

Le faisceau de spermatozoïdes est donc plongé dans une masse de protoplasme entouré d'une membrane, et logeant un ou plusieurs noyaux; c'est-à-dire dans une véritable cellule. C'est là un fait sur lequel nous reviendrons dans nos considérations générales.

Nous venons de parler de noyau femelle. L'origine de ce noyau nous est inconnue. Tout ce que nous pouvons en dire, c'est que nous ne l'avons jamais aperçu dans les colonies, avant que l'allongement des cellules spermatiques ne soit déjà très avancé. On peut admettre qu'il reste, jusqu'à un moment donné, caché dans la masse de ces cellules.

Nous n'avons pu nous assurer non plus si les noyaux multiples des piérides et de beaucoup d'autres lépidoptères, résultent de la division d'un seul noyau femelle primitif, où s'ils ont entre eux des rapports génétiques plus éloignés.

Quoi qu'il en soit, noyaux et protoplasme sont destinés à disparaître. C'est ainsi que, dans la nymphe des *Chelonia*, on ne trouve plus que des traces de protoplasme et que, le plus souvent du moins, le noyau femelle y est déjà résorbé.

Résumons brièvement, en terminant, les phénomènes que présente la deuxième étape chez les lépidoptères.

Ces phénomènes comprennent :

1° Un changement de forme de la cellule spermatique toute entière. Ce changement consiste en un allongement qui est unipolaire au début, mais qui devient bipolaire, dans une certaine mesure, par la formation du segment procéphalique.

2° Des phénomènes internes qui ont pour siège le noyau, à savoir :

- A. La fusion de tout l'élément nucléinien en une seule masse amorphe.
- B. L'étirement de cette masse en un filament qui constitue la tête du spermatozoïde et qui se rattache, en avant au segment procéphalique, et en arrière au segment caudal.
- C. L'étirement concommittant de la membrane du noyau, qui bientôt s'applique étroitement sur la masse nucléinienne étirée.

3° Des phénomènes internes ayant pour siège le protoplasme.

Ils consistent dans l'élaboration ou la différenciation d'un filament axial,

contre lequel la membrane cellulaire vient s'appliquer pour se confondre plus tard avec lui.

4° La concentration, en dehors du faisceau de spermatozoïdes, d'une masse de protoplasme dans laquelle un ou plusieurs noyaux deviennent visibles.

Troisième étape.

Chez le mâle, on trouve le plus souvent les spermatozoïdes encore unis en faisceaux.

Les spermatozoïdes adultes sont toujours des filaments très longs et très minces. Leur tête ne se colore pas par le vert de méthyle. Ils sont généralement immobiles.

Il nous est arrivé une seule fois de voir des faisceaux de spermatozoïdes non dissociés, pris dans un mâle de *Bombyx mori* pendant l'accouplement et examinés dans le plasma spermatique, présenter des mouvements ondulatoires, assez peu rapides mais réguliers.

L'addition d'une solution alcaline faible (K_2CO_3 , Na_2HPhO_4) excite souvent, dans les spermatozoïdes, des contractions violentes qui se produisent parfois pendant un temps assez long; mais ces mouvements provoqués ne nous paraissent pas avoir ce caractère ondulatoire, régulier et rythmique des mouvements naturels que nous avons observés dans ce *Bombyx*.

Chez la femelle aussi nous avons trouvé souvent les éléments spermatiques encore unis; mais, d'autres fois, les faisceaux étaient rompus et les spermatozoïdes formaient une masse enchevêtrée. Les faisceaux que l'on trouve toujours non dissociés chez la femelle de certaines espèces, ne méritent pas le nom de spermatophores qu'on leur a parfois appliqué.

B. Coléoptères.

Chez les coléoptères, la formation des spermatozoïdes parcourt presque toutes ses phases dans l'insecte adulte. Le testicule est ordinairement si peu développé dans la larve et la nymphe, que la dissection la plus attentive ne parvient pas à l'y déceler. Il est même souvent dans un état encore très rudimentaire chez l'adulte pendant les premiers temps qui suivent la dernière métamorphose. Certains insectes toutefois, et entre autres plusieurs lamellicornes, les ténébrionides, etc., font exception : on trouve déjà dans leur nymphe des testicules assez développés; mais alors ces organes ne contiennent que des cellules-mères, dont l'évolution est peu avancée et ne dépasse pas les premiers stades de la période de multiplication.

D'une manière générale on peut dire que, dans les cœcums testiculaires des coléoptères adultes, on trouve les éléments spermatiques en formation d'autant plus avancée qu'ils sont plus près de l'orifice de ces canaux. Il est très facile de s'assurer de ce fait, qui trouve du reste sa démonstration dans nos FIG. 48, 49 et 50, représentant trois coupes d'un cœcum testiculaire de l'*Hydrophilus piceus*. La première (FIG. 48) est prise tout près de l'extrémité supérieure de ce cœcum : on n'y voit que des cellules multinuclées, *A*, et une seule colonie déjà formée, *B*. La seconde (FIG. 49), faite plus bas, contient des colonies dont les cellules sont déjà entrées en multiplication. La troisième (FIG. 50) a été prise à un niveau inférieur; on y remarque des éléments plus avancés, c'est-à-dire des cellules en voie de se transformer en spermatozoïdes.

On peut du reste constater le même fait, en examinant de face un cul-de-sac testiculaire.

Première étape.

Il ne nous a pas été possible de poursuivre, chez les coléoptères, l'étude des phénomènes de la première étape, d'une manière aussi complète que chez les lépidoptères. Nous n'avons pas observé en effet dans les insectes de cet ordre les colonies primitives, issues des métrocytes primordiales.

Les testicules les plus jeunes que nous ayons examinés renfermaient déjà beaucoup de petites cellules uninuclées. La FIG. 58 montre une des nombreuses cellules qui remplissaient la partie supérieure du testicule d'une jeune *Feronea anthracina*, et parmi lesquelles la segmentation binaire régnait encore. Plus bas, on trouvait dans le tube des cellules multinuclées (FIG. 61 et 62) et plus bas encore, des jeunes colonies nées par voie endogène (FIG. 63).

Les petites cellules de la partie supérieure ne méritent évidemment pas le nom de cellules-mères primitives; car leur nombre et l'activité avec laquelle elles se multiplient indiquent suffisamment que de nombreuses générations les séparent, au contraire, de leurs premiers ancêtres.

Il faudrait faire des recherches embryogéniques pour s'assurer si les cellules primitives ont subi, comme chez les lépidoptères, la formation endogène, ou bien si, dès leur entrée en activité, elles se sont mises à se segmenter. Mais, à notre grand regret, nous n'avons pu nous livrer à ces recherches; aussi ne sommes-nous pas à même, pour le moment, de faire

connaître avec certitude le mode de multiplication mis en œuvre par les métrocytes primitives.

Toutefois, n'ayant jamais observé, même dans les plus jeunes testicules, la moindre trace de membrane cystique, le moindre groupement cellulaire rappelant le processus de la formation endogène, nous sommes assez porté à croire que les cellules primordiales n'ont fait que se segmenter. Ce n'est là d'ailleurs qu'une simple opinion, car d'une observation négative nous ne voulons tirer aucune conclusion certaine. Du reste, le peu de valeur que l'on doit attribuer à la différence qui distingue les deux modes de multiplication cellulaire nous permet d'attacher peu d'importance à cette question.

Quel que soit le mode de multiplication des cellules-mères primitives, les faits nous montrent que les cellules engendrées par elles se multiplient d'abord par segmentation binaire, comme chez les lépidoptères. L'évolution de ces cellules ne diffère pas essentiellement de celle que nous avons décrite précédemment dans cet ordre.

Exposons d'abord quelques faits se rapportant à la suite de leur développement, durant cette première étape.

La première des trois figures représentant diverses coupes du tube testiculaire de l'hydrophile (FIG. 48), nous montre, en *A*, des cellules multinucléées et, en *B*, une jeune colonie déjà formée. Dans la seconde (FIG. 49), nous voyons également, en *A*, une cellule multinucléée : la division du protoplasme ne s'y est pas encore effectuée ; en *B*, la division du protoplasme vient de se faire ; et en *C*, les cellules-filles sont déjà entrées en voie de multiplication, car leur noyau est en pleine division. Au sein de la colonie *D* la division est plus avancée : le protoplasme de certaines cellules présente un étranglement séparateur. Enfin en *E* la segmentation, plusieurs fois répétée, a donné naissance à une colonie, formée de cellules plus petites mais en revanche beaucoup plus nombreuses.

A un niveau inférieur à celui de la deuxième coupe, on trouvait les cellules coloniales en voie de se transformer en spermatozoïdes (FIG. 50).

Ainsi, le testicule que nous venons d'explorer ne renfermait aucune cellule uninucléée, libre et indépendante.

Ces faits s'expliquent facilement. Ils nous présentent toutes les phases de l'évolution d'une cellule-mère, depuis le stade de la cellule multinucléée jusqu'à celui du faisceau de spermatozoïdes en voie de formation.

Cette évolution comprend d'abord les phénomènes de la formation endogène, puis ceux de la segmentation binaire que subissent bientôt les cellules

formées par le premier de ces modes. Cette segmentation, se poursuivant pendant un certain temps, transforme les colonies jeunes et formées de cellules assez grandes mais peu nombreuses, (FIG. 49), en colonies plus volumineuses et formées d'un nombre plus considérable de petites cellules, semblables à celle que nous voyons en *E* dans la même figure.

Pas plus chez l'hydrophile que chez la *Feronea anthracina*, nous n'avons pu étudier le mode de multiplication des cellules-mères primitives; nous n'y avons trouvé non plus, dans les testicules les plus jeunes, que de petites cellules se multipliant par segmentation. Nous n'avons jamais rencontré de cellules multinucléées, avant l'apparition de celles dont nous venons de parler. Or, un peu plus tard, on trouve toutes ces dernières transformées en faisceaux, jusqu'au sommet du tube testiculaire. Il est donc évident que toutes les cellules multinucléées, de même que toutes les colonies que contient le testicule, à ce moment (FIG 49), sont destinées à devenir des faisceaux de spermatozoïdes.

Les premières colonies qui apparaissent dans le testicule, à la suite de la période de segmentation, sont donc aussi les dernières : chacune de leurs cellules va devenir un spermatozoïde. En d'autres termes, nous n'avons observé chez l'hydrophile d'autre formation endogène que celle qui précède la naissance des cellules spermatiques; nous n'y avons pas constaté cette alternance répétée de générations endogènes et de segmentations, que nous avons décrite chez les lépidoptères.

Examinons maintenant les FIG. 66 et 67. Ces figures se rapportent à la première étape, chez la *Feronea nigerrima*. Dans la FIG. 66, on voit une cellule mère multinucléée de grande dimension, dont le protoplasme ne tardera plus à se diviser. Dans la FIG. 67 on remarque côte à côte, dans une même colonie, des cellules uninucléées, des cellules en segmentation, et des cellules multinucléées. Comment expliquer la présence simultanée de ces trois éléments? Il est évident que cette colonie, comme celles de l'hydrophile, doit son origine à la formation endogène qui s'est accomplie au sein d'une cellule-mère multinucléée, semblable à celle de la FIG. 66. Ensuite ces premières cellules, nées par voie endogène, se sont multipliées par segmentation, comme chez les lépidoptères, l'hydrophile et une foule d'autres insectes et, au moment où nous les observons, quelques-unes subissent encore ce mode de division. Quant aux cellules multinucléées, ce sont sans doute des éléments à développement plus précoce que les autres : le retard de la division du protoplasme sur celle du noyau s'y est déjà manifesté. Leur pré-

sence à l'intérieur d'une colonie démontre qu'ici, contrairement à ce qui se passe chez l'hydrophile, plusieurs générations endogènes se succèdent dans le testicule, alternant sans doute avec des séries de segmentations. La grande quantité d'éléments multinucléées et de colonies, que nous trouvons plus bas dans le testicule, et la diversité qui se remarque dans leurs états de développement, nous portent à croire que de nombreuses générations y précèdent l'apparition des cellules spermatiques.

Le nombre des noyaux que contient une cellule-mère, au moment où s'opère la division, est variable d'une espèce à l'autre, et variable aussi dans un même individu. C'est ainsi que dans le *Feronea nigerrima*, à côté de colonies jeunes et formées seulement de dix ou de quinze individus, nous trouvons des cellules encore multinucléées, renfermant plus de vingt noyaux (FIG. 66), et devant, par suite, donner naissance à plus de vingt cellules-filles.

Nous avons fait des observations analogues chez un grand nombre de coléoptères : carabiques, chrysoméliens, longicornes, curculionides, tenebrionides, helopides, lamellicornes, dytiscides. Chez tous, nous avons observé suffisamment de faits pour qu'il nous soit permis de les ranger, au point de vue des phénomènes de la première étape, les uns avec l'hydrophile, les autres avec la *Feronea nigerrima*. Ces observations, jointes à celles que nous venons d'exposer en détail, nous permettent de résumer, comme il suit, les données que nous possédons sur l'évolution des cellules-mères chez les coléoptères :

1° Le mode de multiplication des cellules-mères primitives ne nous est pas connu d'une manière certaine. Les quelques indications que nous avons recueillies nous portent seulement à penser que ce mode s'identifie avec la segmentation.

2° Les cellules, issues de ces métrocytes primitives, se multiplient d'abord par segmentation binaire, pendant un certain temps.

3° Plus tard elles deviennent le siège de la formation endogène.

4° Chez certains coléoptères (*Hydrophilus*), les cellules, nées de cette première génération endogène, se segmentent à leur tour plus ou moins longtemps, et donnent ainsi naissance aux cellules qui vont devenir les spermatozoïdes.

5° Chez d'autres (*Feronea*), ces cellules se segmentent aussi, mais ne donnent pas encore naissance aux cellules spermatiques : elles deviennent multinucléées et produisent par voie endogène de nouvelles cellules-filles. Celles-ci se comportent de la même manière; et ce n'est qu'après une série plus ou moins longue de formations endogéniques, alternant avec des segmentations, que l'on voit apparaître les colonies de cellules spermatiques.

Deuxième étape.

I. Changement de forme des cellules spermatiques,

Ce phénomène se réduit, comme chez les lépidoptères, à un étirement progressif de la cellule spermatique en un filament très mince (FIG. 50, 54, 55, 56 et 57).

Cet étirement, chez plusieurs coléoptères, ne diffère en rien de celui que nous avons étudié dans les cellules spermatiques des lépidoptères : il est, dès le début, très prononcé du côté où se forme la queue, tandis que, du côté opposé, il ne se produit que plus tard et n'arrive qu'à former un segment procéphalique toujours assez court. Tel est le cas du géotrupe, dont nous représentons deux faisceaux dans les FIG. 74 et 75. Chez cet insecte, on observe en effet un segment procéphalique (FIG. 75) qui se raccourcit un peu à mesure que le spermatozoïde approche de la maturité. On peut constater ce détail en comparant la longueur que possède ce segment dans le spermatozoïde mûr de la FIG. 82, avec celle qu'il a sur ceux qui sont représentés sous un grossissement plus faible dans la FIG. 75. Mais chez la plupart des coléoptères, comme chez beaucoup d'autres insectes, le segment procéphalique, quand il existe, reste d'ordinaire tellement court qu'on ne peut souvent l'y distinguer qu'à l'aide d'objectifs très puissants, et en faisant usage de matières colorantes appropriées. Parmi ces dernières, le vert de méthyle mérite la préférence; cependant on obtient aussi, quoique plus difficilement, un résultat satisfaisant à l'aide du carmin aluné qui, sans avoir les qualités du vert de méthyle sous le rapport du pouvoir électif, est le moins grossier de tous les réactifs carminiques.

Partout où ce segment n'est pas plus développé, on doit considérer l'allongement de la cellule spermatique comme unipolaire.

Chez la plupart des insectes du groupe qui nous occupe, tous les noyaux se placent à l'un des pôles du faisceau en voie de formation, ainsi que cela se passe chez les lépidoptères. Toutes les cellules spermatiques y sont donc orientées de la même manière, c'est-à-dire qu'elles dirigent toutes, vers la même extrémité du faisceau, leur pôle de grand allongement ou pôle caudal. Il en résulte que la colonie entière a un pôle céphalique et un pôle caudal.

Mais il n'en est pas de même partout. Chez certaines espèces on trouve, dans les premiers stades de la deuxième étape, la moitié des noyaux

groupés à une extrémité, tandis que l'autre moitié occupe l'extrémité opposée de la colonie. Les cellules qui contiennent ces noyaux, sont donc orientées en sens contraire : les unes ont leur extrémité céphalique d'un côté; les autres, de l'autre. Les extrémités caudales se regardent d'abord, mais plus tard, en s'allongeant, elles se glissent les unes entre les autres. A mesure que cet allongement se poursuit, les extrémités céphaliques s'éloignent et les extrémités caudales atteignent bientôt le pôle opposé. Il en résulte que chaque extrémité du faisceau loge alors à la fois les extrémités céphaliques d'un groupe, et les extrémités caudales de l'autre. Mais c'est là un fait dont il n'est pas aisé de s'assurer *de visu* : toutes ces cellules sont, en effet, très intimement accolées les unes aux autres, et contenues dans une masse de protoplasme qui en rend la distinction difficile. D'autre part, on a de la peine à dissocier ces colonies sans léser les spermatozoïdes; aussi, à la rencontre de ces faisceaux, se demande-t-on si leurs cellules sont bien orientées en sens inverse, ou si chacune d'elles ne possède pas deux noyaux, et par suite, si les spermatozoïdes n'ont pas deux têtes. Il est d'autant plus difficile de décider cette question, que les spermatozoïdes mûrs sont très minces et que, à ce moment, leur tête est devenu presque insensible aux réactifs colorants. C'est surtout en étudiant les jeunes stades que l'on peut se convaincre, qu'il n'y a dans ces faisceaux qu'un partage des cellules spermatiques uninucléées, en deux groupes orientés en sens inverse.

Cette disposition particulière des spermatozoïdes se retrouve normalement chez divers coléoptères indigènes. Nous l'avons observée chez l'*Helops caraboïdes* (FIG. 72 et 73), et chez les *Meloe variegatus* et *proscarabæus*.

On ne peut deviner la cause de cette opposition dans la direction du grand allongement de ces deux groupes de cellules, qui ont une origine commune, et paraissent vivre et se développer dans les mêmes conditions que celles des colonies spermatiques de tant d'autres insectes. Un fait qui la rend plus inexplicable encore à nos yeux, c'est la présence de faisceaux à double orientation chez les géotrupes, où la plupart des colonies présentent la disposition ordinaire : de deux préparations qui nous ont offert cette particularité, l'une renfermait cinq de ces faisceaux, l'autre en contenait deux. Malgré sa rareté, la rencontre de ces faisceaux exceptionnels, au milieu de colonies normales, paraît indiquer que leur production n'est pas exclusivement sous la dépendance des causes internes, mais qu'elle pourrait bien aussi dépendre de certaines variations dans les conditions extérieures; cependant nous ne sommes pas en état de préciser la part qui revient à ces diverses influences.

II. Phénomènes internes.

A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau.

Les phénomènes de la formation de la tête, qui sont essentiellement les mêmes chez la plupart des animaux, présentent chez les coléoptères quelques particularités peu importantes, que nous nous bornerons à signaler ici, sans répéter la description générale que nous en avons faite en parlant des lépidoptères.

Chez l'*Hydrophilus*, les choses se passent comme chez la *Chelonia*. On y voit toutes les anses ou les fragments du filament nucléinien se fusionner en une masse homogène, qui bientôt s'allonge et devient la tête; seulement le noyau commence déjà à s'allonger et à prendre la forme elliptique avant que cette fusion se soit produite. C'est ce que l'on peut voir dans plusieurs spermatozoïdes de la FIG. 50 C. La même figure nous montre en E un stade plus avancé : la masse nucléinienne est déjà bien allongée. Enfin, dans la FIG. 57, elle est transformée en un filament aussi mince que la tête du spermatozoïde adulte, mais qui est encore contenu dans la membrane du noyau. A part la légère différence que nous venons de signaler, et qui du reste ne s'observe pas dans tous les cas, la tête du spermatozoïde s'y forme donc absolument comme chez les lépidoptères.

Ces phénomènes peuvent présenter les mêmes particularités chez le géotrupe. Nous avons toutefois remarqué dans cet insecte une autre variation de détail : nous voulons parler de la disparition de la membrane du noyau après la fusion de la nucléine en une masse amorphe. On trouve alors cette masse, de forme souvent très irrégulière, attachée à l'extrémité antérieure du filament axial du spermatozoïde, et plongée librement dans le protoplasme cellulaire. Les FIG. 76, 77 et 78 nous montrent trois phases de ce développement; tandis que les FIG. 79, 80, 81 et 82 représentent, chez le même animal, divers stades de la formation de la tête d'après le mode que nous avons décrit chez la *Chelonia*.

Chez les coléoptères, comme aussi d'ailleurs chez d'autres insectes, les noyaux de certaines cellules prennent par le vert de méthyle une coloration uniforme, tout en laissant voir un filament ou des fragments nucléiniens : on dirait que leur enchylema contient de la nucléine en solution. D'autres noyaux — et ceci s'observe surtout dans les cellules spermatiques subissant déjà les phénomènes de la deuxième étape — ne présentent plus de corps nucléinien figuré; toute la nucléine semble être uniformément répandue dans le caryoplasma.

On peut produire dans les noyaux des modifications semblables, en leur faisant subir pendant quelques instants l'action des bases ou des sels alcalins. Mais les noyaux dont nous parlons n'avaient nullement subi l'action de ces corps, ni même celle de l'eau pure; quelle qu'en soit la cause, ces modifications se produisent donc naturellement dans le testicule.

Nous pensons que les noyaux des cellules spermatiques, qui sont dans cet état, peuvent reformer une sphère nucléinienne avant de se transformer en tête, parce que nous avons trouvé ces deux phases dans une même colonie. Mais on voit aussi la tête du spermatozoïde se former par un simple allongement de ces noyaux sans que la nucléine subisse de retrait. Toutefois les noyaux en question n'en éprouvent pas moins une diminution de volume correspondant à ce retrait, car, à la maturité, toutes les têtes ont les mêmes dimensions.

B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme.

Il apparaît dans le protoplasme de la cellule spermatique des coléoptères, comme dans celle des lépidoptères, un filament axial qui s'élabore suivant le processus précédemment décrit.

Les FIG. 79 et 80 nous montrent sa formation. Il naît, ici aussi, à des instants divers de la métamorphose du noyau et de l'allongement de la cellule spermatique. En effet certaines cellules, encore très courtes, présentent déjà un filament axial bien constitué, tandis que d'autres, beaucoup plus longues, n'en présentent pas de traces. D'autres fois on le voit s'attacher à un noyau ne présentant encore aucune modification ni dans sa forme, ni dans son contenu (FIG. 50D et 56); enfin on peut trouver aussi des noyaux dont la nucléine est fusionnée, dans des cellules où le filament axial n'est pas même ébauché.

Les FIG. 68 et 69 représentent des cellules testiculaires de la *Feronea anthracina*, contenant respectivement un, deux ou trois spermatozoïdes enroulés. Recherchons la signification de ces éléments.

Pour ceux de la FIG. 68, cette signification n'est pas douteuse : ce sont des cellules spermatiques qui n'ont pas subi d'allongement. Le spermatozoïde qu'elles contiennent est formé par le noyau, encore sphérique, et par le filament axial qui en constitue la queue à lui seul; la membrane de la cellule n'a donc pas été utilisée dans la formation de ce spermatozoïde. Nous avons vu, à différentes reprises, dans des cellules semblables, des spermatozoïdes presque achevés, et animés parfois de mouvements très vifs. De pareils éléments se rencontrent assez fréquemment chez certaines espèces, mais ils n'en constituent pas moins des exceptions à la

règle générale. On pourrait même les considérer comme des produits artificiels. On comprendrait en effet que de jeunes cellules spermatiques possédant déjà un filament axial, puissent, en absorbant de l'eau, se gonfler au point de reprendre la forme sphérique qu'elles affectent dans la FIG. 68. Mais, si ces éléments empruntent leur origine à une altération, cette altération doit se produire naturellement dans les testicules comme les modifications du noyau, et que nous avons signalées plus haut, p. 81. Car nous avons trouvé de pareilles cellules en dissociant ces organes à sec dans la solution faible d'acide osmique qui, on le sait, ne produit jamais de gonflement. Ce sont probablement des éléments semblables que KÖLLIKER a figuré dans ses travaux de 1846 et de 1856, et qui lui ont fait considérer le spermatozoïde comme formé, soit à l'intérieur du noyau, soit dans la cellule par l'allongement du noyau, sans la participation du protoplasme.

Quant aux cellules de la FIG. 69, ce sont des éléments dont la formation et la signification sont demeurées obscures pour nous. On pourrait les considérer comme des colonies avortées, n'ayant donné naissance qu'à deux ou trois cellules spermatiques qui se sont transformées en spermatozoïdes; ou bien comme des cellules qui possédaient deux ou trois noyaux, et qui ont organisé simultanément autant de spermatozoïdes sans que leur protoplasme ait subi de division préalable. Dans ce dernier cas, la membrane de la cellule n'aurait pris aucune part à leur formation, et, comme dans ceux de la FIG. 68, leur queue serait constituée uniquement par le filament axial.

Nous n'avons pu reconnaître le sort ultérieur de ces spermatozoïdes contenus dans une vésicule. La membrane qui les renferme finit-elle par se résorber? ou bien les mouvements dont nous les avons vus animés leur permettent-ils de s'en dégager en la déchirant? Nous ne saurions le dire. Il n'est pas même certain pour nous que ces spermatozoïdes anormaux arrivent jamais à l'état de liberté et de maturité parfaite.

Élément femelle.

Le protoplasme dans lequel sont plongées les cellules spermatiques, paraît augmenter de masse pendant la période d'allongement; c'est en effet seulement vers le milieu de cette période qu'il devient visible, comme chez les lépidoptères. Il est plus ou moins abondant suivant les espèces (FIG. 53, 72, 75, 83, 93, 94 et 103).

Il n'y a le plus souvent, chez les coléoptères, qu'un seul noyau femelle, qui se place généralement à la partie antérieure du faisceau; mais parfois il y en a plusieurs. Dans une chrysomèle, par exemple, nous en avons toujours trouvé deux qui sont très gros et blottis sur les côtés (FIG. 83).

Ce noyau augmente beaucoup de volume, du moins dans certaines espèces; tel est le cas des chrysoméliens et surtout de l'hydrophile. La FIG. 53 nous le montre, chez ce dernier, beaucoup plus volumineux qu'il ne l'était dans le stade moins avancé de la FIG. 52; mais il peut y atteindre encore des dimensions bien plus fortes.

Il est des espèces dans lesquelles il devient, comme chez d'autres animaux, l'*Arion rufus* en particulier, beaucoup plus riche en élément nucléaire. Telles sont les chrysomèles; mais ce fait est loin de se produire partout.

Le sort du noyau femelle n'est pas douteux chez certains coléoptères, comme chez les *Lampyris*, les *Melolontha*, les *Anomala*, les *Necrophorus* et d'autres, où on le voit s'atrophier, se résorber et disparaître. Il en est quelques-uns chez lesquels on éprouve de la difficulté à voir ce noyau. Ainsi, chez le *Geotrupes*, on est loin de l'observer dans tous les faisceaux; ce qui provient sans doute de ce qu'il y subit, comme le protoplasme, une résorption plus hâtive.

Ailleurs au contraire, comme chez l'hydrophile et d'autres genres, nous ne l'avons jamais vu, pas plus que le protoplasme de la colonie, donner des indices d'atrophie. Aussi gardons nous des doutes sur le sort et la fonction de cet élément chez les insectes.

En résumé, nous avons constaté, pendant la deuxième étape de la spermatogénèse des coléoptères, l'existence des mêmes processus généraux que chez les lépidoptères; nous avons remarqué cependant, dans les diverses espèces, quelques différences d'importance secondaire, savoir :

1° L'orientation en sens inverse, des deux moitiés de chaque colonie spermatique et, par suite, de chaque faisceau de spermatozoïdes, chez les hélopidés et les méloïdes (FIG. 72 et 73).

2° La brièveté souvent extrême du segment procéphalique, résultant de ce que l'allongement de la cellule spermatique demeure unipolaire jusqu'à la fin, tant est faible l'accroissement de sa partie antérieure.

3° La disparition, observée çà et là, de la membrane du noyau avant l'achèvement de la tête (FIG. 76 à 78).

4° La formation, exceptionnelle et douteuse, d'un ou de plusieurs spermatozoïdes par le concours exclusif du noyau et du filament axial, sans participation de la membrane (FIG. 68 et 69).

5° L'atrophie hâtive ou, dans d'autres espèces, l'accroissement remarquable du noyau femelle (FIG. 52, 53 et 83).

Troisième étape.

Le sperme des coléoptères, examiné chez le mâle à l'époque de la reproduction, est constitué souvent par une liquide filant, où s'agitent, comme dans celui des vertébrés, d'innombrables spermatozoïdes. Mais d'autres fois il forme un liquide plus épais, visqueux ou même presque solide, qui emprisonne les spermatozoïdes et les condamne à l'immobilité. Enfin chez beaucoup d'espèces, ces éléments, au lieu d'être disséminés en liberté dans le liquide spermatique, s'y trouvent rassemblés en groupes de grandeur et de forme diverses : ces groupes portent le nom de spermatophores.

1° La dissociation des faisceaux chez la plupart des espèces où les spermatozoïdes sont libres, s'opère pour ainsi dire naturellement. On y voit en effet les restes de la métrocyte de la colonie, c'est-à-dire les débris de la membrane, du protoplasme et du noyau femelle, se résorber et disparaître complètement. Que les spermatozoïdes aient eux-mêmes digéré et absorbé ces restes pour s'en nourrir, ou que le liquide spermatique ait pris une certaine part à cette dissolution, il importe peu ; le fait est qu'on les trouve bientôt délivrés de leurs adhérences réciproques, et répandus dans le sperme où ils forment une masse enchevêtrée.

Mais ailleurs il nous a semblé que la mise en liberté des spermatozoïdes n'est pas due à la disparition du protoplasme qui les tient accolés en faisceaux : c'est ainsi que chez certaines espèces, et en particulier chez l'hydrophile, la colonie de spermatozoïdes tout entière abandonne les restes de sa métrocyte, sans en attendre la résorption totale, pour se disperser dans le plasma testiculaire.

2° Nous avons dit que les spermatozoïdes pouvaient aussi se grouper et former des spermatophores.

On peut rapporter à deux types les spermatophores que nous avons observés chez les coléoptères : les premiers sont constitués par un bouquet de spermatozoïdes, fixé sur un corps solide en forme de lamelle ; les autres sont formés d'un axe filamenteux auquel les spermatozoïdes adhèrent sur toute leur longueur.

Nous allons étudier successivement ces deux sortes de spermatophores :

- A. Les spermatophores en bouquet.
- B. Les spermatophores filamenteux.

A. Spermatophores en bouquet.

Les spermatophores en bouquet s'observent dans certains carabiques, par exemple dans les *Carabus auratus*, *auronitens*, *purpurascens*, le *Procustes*

coriaceus, le *Calosoma inquisitor*. C'est à ces espèces qu'appartiennent ceux dont nous figurons le développement (PL. IV, FIG. 80 à 104).

Pour se faire une idée du développement de ces spermatophores, il suffira de jeter un regard sur les séries de figures qui en représentent les diverses phases.

Le stade le plus jeune est celui de la FIG. 88. Cette figure représente une cellule multinucléée, c'est-à-dire un élément arrivé à la phase qui précède la formation des cellules spermatiques. La FIG. 93 nous montre un élément homologue au précédent, mais beaucoup plus développé : une colonie de spermatozoïdes presque mûrs. Malgré l'état avancé des spermatozoïdes, cette colonie a conservé la forme globuleuse; elle n'est pas encore étirée comme le sont le plus souvent les colonies de cet âge : ce qui résulte de ce que les filaments, au lieu de s'allonger parallèlement, se sont pelotonnés irrégulièrement à leur extrémité postérieure.

Plus tard, leurs têtes prennent une direction à peu près parallèle, en même temps qu'elles se massent et se serrent les unes contre les autres, ainsi qu'on l'observe dans les FIG. 89 et 94. Le noyau femelle qui présentait, depuis quelque temps déjà des indices de dégénérescence, ne tarde pas à s'atrophier complètement.

Entretemps la colonie subit un commencement de dissociation à son pôle caudal : la membrane de la métrocyte disparaît de ce côté. Elle est sans doute digérée par les spermatozoïdes, dont on voit maintenant les queues s'échapper au dehors, en divergeant un peu.

Dans les figures suivantes 90, 91, les têtes continuent à se rapprocher les unes des autres; au stade de la FIG. 92, elles sont étroitement accolées. Les extrémités caudales ne suivent nullement ce mouvement des têtes; en effet on les voit toujours diverger et rester pelotonnées irrégulièrement.

Tandis que les têtes se rassemblent, il se forme, au-devant de leur extrémité antérieure, un mince bourrelet de protoplasme. L'apparition de ce bourrelet semble due à ce que le faisceau, tout en se massant, devient plus étroit et subit un léger mouvement de recul : phénomènes qui ont pour effet de laisser déborder, en avant et sur les côtés, le protoplasme de la cellule-mère, qui enrobait les spermatozoïdes. Ce bourrelet devient de plus en plus large, en même temps qu'il acquiert de l'homogénéité et un éclat particulier. Dans les stades suivants, il est visiblement incrusté d'une substance brillante, à laquelle il emprunte un aspect de plus en plus uniforme, et une réfringence de plus en plus vive (FIG. 91).

Il arrive aussi, qu'au lieu d'imprégner uniformément tout le protoplasme,

elle se dépose d'abord en gouttelettes irrégulières, ainsi que nous l'indiquons dans la FIG. 101, au début de son apparition.

Cette substance est liquide, et n'enlève pas tout d'abord au protoplasme sa plasticité : ce dont il est facile de s'assurer, en observant les changements de forme qu'on peut lui faire subir en pressant sur le couvre-objets. Aussi n'est-il pas étonnant de voir cette production du protoplasme se modifier dans sa forme, pendant assez longtemps. On la voit en effet s'accroître de plus en plus vers l'arrière, en s'amincissant, et passer ainsi de la forme d'une languette à contour crénelé FIG. 96, à celle d'une petite écaille oblongue, très mince et régulière FIG. 98. Quelques stades intermédiaires de ce développement, sont représentés dans les FIG. 92, 95 et 96.

A mesure que l'écaille s'achève, la substance qui la constitue paraît se dessécher, et elle finit par acquérir la consistance et l'élasticité des formations chitineuses.

En malaxant vivement avec des aiguilles le contenu de la partie inférieure du canal déférent, on produit facilement la chute du faisceau de spermatozoïdes, et l'on obtient isolée l'écaille chitineuse, dont on peut alors étudier la forme et la structure. Sa surface porte ordinairement des stries longitudinales parallèles, qui ne sont autre chose que l'empreinte des spermatozoïdes. Sa forme varie d'après les espèces : chez les uns elle reste toujours assez courte, large et peu bombée; chez d'autres elle est plus étroite et plus fortement incurvée vers le haut. Le bord antérieur de l'écaille est toujours arrondi. Quant à l'extrémité postérieure, elle porte souvent des dentelures assez irrégulières, même lorsqu'elle est arrivée à maturité. Il arrive cependant que cette forme dentelée ne représente qu'un état intermédiaire; car, en s'achevant d'avant en arrière, l'écaille peut arriver à se terminer à son extrémité postérieure, comme en avant, par un contour arrondi (FIG 99).

Ces spermatophores s'organisent dans la partie inférieure du canal déférent. Leur élaboration se résume, comme nous venons de le voir, dans la transformation des restes du protoplasme de la métrocyte en une petite écaille chitineuse, à laquelle les spermatozoïdes restent fixés.

Que faut-il penser du mécanisme intime de cette transformation? Il nous semble que la naissance de cette écaille doit être rapprochée de certains phénomènes de différenciation protoplasmique : la formation des membranes cellulaires ou des cuticules, l'apparition des divers corps figurés tels que les nématocystes, etc. Toutes ces productions doivent leur origine au même processus. En effet le protoplasme paraît se charger, dans la formation de l'écaille comme dans celle des corps dont nous venons de parler,

d'une substance possédant un indice de réfraction très élevé, substance qui en remplit les mailles et qui masque bientôt le reticulum plastinien.

Quoi qu'il en soit de ce rapprochement, l'écaille des spermatophores doit être considérée comme le produit de la transformation d'une masse de protoplasme vivant.

B. *Spermatophores filamenteux.*

Tous les spermatophores filamenteux ont une constitution semblable : ils sont formés d'un axe cylindrique sur lequel les spermatozoïdes sont fixés par leur extrémité céphalique.

Ces corps s'organisent toujours dans le canal déférent. Leur formation est précoce : à peine les cellules formatives, qui remplissent l'extrémité supérieure du tube testiculaire, sont-elles entrées en activité, que déjà on peut observer, dans sa portion inférieure, des spermatophores en voie de développement. Nous nous contenterons de décrire leur formation chez la *Feronea anthracina*, ainsi que chez les genres *Helops* et *Loricera*.

Si l'on extrait avec précaution le tube testiculaire d'une jeune *Feronea* et si, après l'avoir déroulé, on l'examine au microscope, on observe que la portion supérieure, régulièrement cylindrique, est remplie d'éléments spermatiques à divers degrés de développement. Mais la portion inférieure présente, sur un côté du tube, un grand nombre de petits diverticulums, disposés obliquement par rapport à son axe, et superposés en une série rectiligne (FIG. 109). Toute la partie qui porte ces diverticulums ne renferme pas d'éléments spermatiques, au début de l'entrée en activité du testicule ; elle ne contient qu'un liquide hyalin.

Pour étudier le contenu du testicule dans son état naturel, il est avantageux de traiter cet organe par la vapeur d'alcool pour en fixer les cellules, et de le colorer par le picrocarmin. Pour atténuer l'opacité que produit ce traitement on monte le préparation dans la solution glycérolée indiquée page 58. En procédant de cette façon on constate que la cavité de certains diverticulums contient une substance visqueuse qui la remplit, qui en sort même et commence à descendre dans la lumière du canal déférent (FIG. 109).

Tous ces diverticulums sont en effet autant de glandes simples qui sécrètent un produit particulier. Ce produit est destiné à former l'axe des spermatophores.

A l'état frais, il se présente sous la forme d'une substance hyaline, très réfringente, visqueuse et filante, fort analogue sous tous les rapports à la

soie des larves d'insectes et des araignées. Nouvellement sécrétée, elle absorbe, avec une avidité au moins égale à celle de la nucléine, les matières colorantes telles que le vert de méthyle et les carmins, mais surtout ces derniers. Elle se montre très réfractaire aux agents chimiques : les acides ne l'attaquent pas; quant aux bases, elles la dissolvent, du moins quand elle est sécrétée depuis peu, et seulement sous l'action de la chaleur ou par un contact prolongé. Ce sont là autant de caractères qui lui sont communs avec la substance que produisent les glandes séricifères des insectes ou les glandes filières des araignées.

On sait que la soie peu de temps après sa production, paraît se déshydrater; elle perd sa viscosité et se transforme en une substance solide et élastique. En même temps elle devient encore plus difficilement soluble dans les réactifs chimiques, et perd aussi son affinité pour les matières colorantes. La substance produite par les diverticulums du canal déférent présente les mêmes particularités; aussi, sans vérifier si elle a bien la constitution chimique de la séricine, nous la désignerons sous le nom de soie. A mesure qu'elle se forme au fond des diverticulums elle s'en écoule et descend dans le canal déférent où l'on trouve souvent tout un faisceau de longs filaments, semblables à ceux que nous représentons dans la FIG. 109.

Plus tard ces filaments ne sont plus seuls à constituer le contenu du canal : les spermatozoïdes formés plus haut, et plus ou moins dissociés, descendent bientôt jusqu'à la région des diverticulums et la remplissent. En dissociant à ce moment le contenu du canal déférent, on obtient facilement divers stades de la formation des spermatophores; ces divers stades font l'objet de la série des FIG. 110 à 121.

Les FIG. 110 à 116 nous montrent toutes un axe de soie garni d'une touffe de spermatozoïdes à son extrémité inférieure. Ces spermatozoïdes sont extrêmement longs (FIG. 64); c'est pourquoi nous en avons abrégé beaucoup les dimensions dans la plupart de nos figures.

Dans les phases les plus jeunes ils sont disposés tout autour de l'axe, ainsi qu'on le voit dans les FIG. 111 et 113, où l'extrémité des têtes semble s'implanter dans la soie.

Mais bientôt cette disposition se modifie. Dans les FIG. 110, 112 et 115, qui représentent des stades ultérieurs, on trouve qu'ils se divisent en deux groupes occupant seulement les parties latérales du filament de soie. Ces deux groupes se disposent ensuite très régulièrement en deux lames insérées par leur bord sur cet axe, le long duquel on les voit courir.

Les FIG. 110, 112, 114 et 119, reproduisent divers stades de la formation de ces lames latérales. On y remarque qu'elles s'achèvent d'avant en arrière.

Il est évident que ces lames si nettes ne sont pas formées par la simple juxtaposition, régulière et parallèle, des spermatozoïdes; ces derniers y sont au contraire solidement agglutinés par une matière particulière et très résistante. Cette matière est une substance transparente, qui diffère de la soie par son manque d'affinité pour les matières colorantes; elle reste en effet totalement incolore dans le carmin et le vert de méthyle.

On la voit apparaître tout d'abord à l'extrémité antérieure du spermatophore (FIG. 114). Nous ne pourrions décider avec certitude si elle se forme par la condensation d'éléments dissouts dans le plasma, où si elle naît par une transformation de la soie. Toutefois nous avons rencontré différentes fois des filaments semblables à celui de la FIG. 111 et dont le rebord antérieur, qui plus tard sera formé de la substance incolore, n'était pas nettement séparé de l'extrémité de l'axe comme dans les autres figures; il paraissait au contraire se fusionner insensiblement avec lui. Incolore sur ses bords, il se colorait au contraire, dans ses parties centrales, comme le filament de soie avec lequel il se confondait. Il semble donc que la substance incolore se forme, dans ces spermatophores, aux dépens de la soie elle-même.

Beaucoup d'autres spermatophores portent, au devant de l'extrémité de leur axe, un rebord incolore nettement limité de la soie (FIG. 110, 112, 114).

Quel que soit le processus de sa formation, la matière incolore, qui n'existe tout d'abord qu'à la partie antérieure, gagne bientôt les parties latérales du spermatophore. On la voit progresser le long de la soie et agglutiner les spermatozoïdes, à mesure qu'ils se rapprochent de l'axe en prenant une direction parallèle.

Les FIG. 110, 112 et 116, nous placent sous les yeux trois jeunes spermatophores vus de face, dans lesquels on peut suivre le développement du rebord antérieur et des lames latérales.

La FIG. 116 montre à l'extrémité antérieure d'un spermatophore vu de profil un bourrelet très développé; on y voit de plus que la substance incolore forme, sur une des faces de l'axe, une zone d'une certaine épaisseur qui se continue avec le bourrelet. Dans les FIG. 118 et 119 nous représentons deux spermatophores plus avancés. Les spermatozoïdes y sont devenus parallèles sur une grande longueur et les lames latérales y sont déjà mieux organisées. L'extrémité antérieure, dans la FIG. 118, est même près d'avoir atteint la structure qu'elle possède dans le spermatophore adulte, représenté dans la FIG. 120.

Signalons ici quelques variations que l'on peut remarquer dans leur développement. Le développement du bourrelet antérieur, d'abord, est va-

riable. Tantôt il est très épais et volumineux (FIG. 116), d'autres fois il est à peine indiqué (FIG. 115). La même variation peut se retrouver dans les stades plus avancés (FIG. 119).

Parfois la zone incolore dont nous avons parlé existe sur les deux faces de la soie, comme le montre, dans une vue de profil, la FIG. 115. L'axe peut être plus ou moins développé au moment où les spermatozoïdes viennent se fixer sur lui. Les soies qui sortent des deux glandes supérieures de la FIG. 109, par exemple, sont très longues, et cependant elles ne portent pas encore de spermatozoïdes, ceux-ci n'ayant pas atteint ce niveau du tube; tandis que d'autres soies, encore fort courtes, portent déjà une gerbe de spermatozoïdes (FIG. 113 et 114).

Ceci nous amène à parler d'un mode un peu différent de formation de la soie, mode que l'on observe de temps en temps dans le même féronide. Il nous semble que cette substance peut naître non seulement dans les diverticulums latéraux, mais aussi dans l'axe du canal déférent lui-même. On trouve souvent en effet des larmes plus ou moins volumineuses de cette substance, colorables par le carmin, et nageant dans le liquide spermatique entre les spermatophores en formation (FIG. 117). Or, on rencontre aussi en dissociant le contenu du canal, des gerbes de spermatozoïdes fixées sur un très petit grumeau de soie, ainsi qu'on en voit un exemple dans la FIG. 113. Il est fort probable que cette gouttelette ne s'est pas formée dans un diverticulum. En tous cas, on ne peut guère admettre que les spermatozoïdes ont été la trouver au fond de sa glande; c'est dans l'axe du canal déférent qu'ils en ont fait la rencontre. C'est là aussi, que ce grumeau va s'accroître par l'apport de nouvelles molécules, jusqu'au moment où il atteindra la dimension normale des spermatophores.

Cet accroissement du filament en dehors des diverticulums, quel que soit l'endroit où la soie ait pris naissance, doit se produire communément; car, alors même qu'on prépare le canal déférent avec précaution, on voit toujours beaucoup de spermatophores encore très courts, libres dans l'axe de ce tube, et sans rapports avec les diverticulums.

Ce mode de formation de la soie s'observe du reste chez d'autres insectes, ainsi que nous le verrons bientôt.

Malgré les variations que présentent les spermatophores au cours de leur développement, tous possèdent la même structure à l'état d'adulte.

Le bourrelet antérieur devient une lamelle mince en forme de spatule. Pour revêtir cette forme, celui de la FIG. 116 devra donc s'amincir beaucoup; celui des FIG. 115 et 119 devra au contraire se développer.

Les dimensions des lames latérales deviennent plus fortes dans leur partie moyenne. Leur largeur considérable indique qu'elles sont formées par un nombre de spermatozoïdes plus grand que celui dont est composée la gerbe que nous figurons : de nouveaux filaments doivent donc s'ajouter aux premiers arrivés. La longueur des lames latérales est beaucoup plus grande que celle des spermatozoïdes ; il est donc clair que les têtes de ceux-ci doivent s'échelonner le long de l'axe, les unes à la suite des autres, disposition qui s'accorde du reste avec la largeur plus grande de ces lames dans leur partie moyenne.

Lorsqu'il est complètement achevé, le spermatophore de la *Feronea anthracina* a la forme et la structure que nous lui donnons dans la FIG. 121 dessinée sous un très faible grossissement (A. ZEISS). Le grossissement plus fort sous lequel nous le dessinons dans la FIG. 120, nous a obligé de n'en représenter que des tronçons pris aux deux extrémités et dans la partie moyenne. Comme on le voit, il est formé d'un axe, qui se colore à ce moment assez faiblement par le carmin et moins encore par le vert de méthyle, et de deux lames latérales qui restent incolores. L'axe se termine en avant par une extrémité arrondie ; en arrière il s'amincit et s'étire en un filament très délicat, dont la longueur est très abrégée dans notre figure. Les lames latérales se confondent en avant avec la spatule ; celle-ci est formée d'une substance transparente et homogène, qui ne se colore pas plus que celle des lames, et ne présente aucun détail de structure interne.

Tout près de la spatule, les lames sont très étroites, elles ont des bords parallèles et sont ordinairement anhistes ; vers l'arrière, on les voit devenir plus larges et présenter des stries longitudinales produites par les spermatozoïdes qu'elles contiennent. On retrouve ces stries jusqu'à leur extrémité postérieure où elles se perdent sur le filament.

Pour avoir une idée complète de la structure de ces spermatophores, il est nécessaire de les examiner aussi de profil. On voit alors que leur rebord antérieur spatuliforme est légèrement recourbé. On remarque en outre sur leur face postérieure, une zone très mince qui reste incolore et qui est en continuité, sur les côtés, avec les lames (FIG. 118). Il arrive aussi qu'une zone semblable existe également sur la face antérieure.

Nous représentons dans la FIG. 112 un spermatophore analogue, que nous avons observé une fois dans un autre féronide dont nous n'avons pu déterminer l'espèce.

Chez les *Helops* et les *Loricera*, les spermatophores sont des productions analogues à celles que nous venons de décrire, mais d'une structure un peu moins complexe : ils comprennent un axe sur lequel les sperma-

tozoïdes ne sont implantés que par l'extrémité de leur tête, leurs queues ne s'y accolant jamais.

Ici encore, la substance de l'axe paraît être de la soie; seulement elle ne prend pas naissance dans des diverticulums, c'est dans la lumière même du tube qu'elle se forme. On la voit apparaître, FIG. 103, à la partie antérieure d'un faisceau de spermatozoïdes, sous la forme d'une gouttelette brillante qui en engluie la tête.

Des faisceaux semblables remplissent tout le testicule de l'*Helops*, au mois de septembre. A ce stade, ces spermatophores ont une grande ressemblance avec ceux du calosome, pendant les premières phases de la formation de l'écaille. Mais bientôt ils s'en différencient complètement. La gouttelette, au lieu de se transformer en une lamelle, s'allonge, tout en restant contenue dans le faisceau lui-même, et se transforme ainsi en un filament assez irrégulier, auquel les spermatozoïdes demeurent fixés (FIG. 104 et 106). A ses débuts, ce filament paraît homogène, et il se colore uniformément par le carmin. A mesure qu'il s'accroît en longueur, il se régularise, et les filaments qu'il porte sur toute sa surface se distancent, ainsi qu'on le remarque en comparant les FIG. 106 et 108). Bientôt aussi on y distingue deux parties : un axe, qui ne se colore plus, et une gaine qui prend au contraire une coloration intense (FIG. 108). La gaine colorable est d'une épaisseur assez uniforme. Les spermatozoïdes s'implantent par l'extrémité de leur tête, sur toute sa surface; ils ne sont donc pas localisés ici, comme chez la *Feronea*, aux parties latérales de leur support.

Telles sont la formation et la constitution des divers spermatophores que nous avons observés. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

Un mot maintenant sur les mouvements dont ils peuvent être animés.

Les spermatophores en bouquet sont presque toujours privés de mouvements propres; on voit parfois, au contraire, leurs spermatozoïdes présenter des ondulations. Nous avons observé une fois cependant dans le calosome, quelques mouvements de tout le spermatophore, mouvements qui étaient dus à l'agitation des queues.

Quant aux spermatophores filamenteux nous les avons toujours trouvés complètement immobiles; mais il suffit ordinairement d'ajouter au liquide spermatique une goutte d'eau ou d'une solution saline pour les voir s'animer de mouvements désordonnés.

Les spermatozoïdes fixés seulement par leur tête à l'axe, dans les *Helops* et les *Loricera*, se meuvent par leurs parties libres; du moins nous avons observé une fois ce fait chez l'*Helops caraboïdes*. Ce mouvement avait pour effet de produire des déplacements irréguliers de tout le spermatophore.

En général, pour observer les mouvements des spermatophores ou des spermatozoïdes libres, il faut examiner le contenu de la partie inférieure du canal déférent. Notons que nous avons vu à diverses reprises, et entre autres chez la *Silpha thoracica*, des faisceaux dont la tête était encore contenue dans une masse considérable de protoplasme à côté du noyau, et qui étaient animés de rapides mouvements d'ondulation : l'onde, partie de la tête, s'étendait jusqu'à la queue, et toute la colonie se mouvait, comme un fouet, avec un ensemble parfait et sans se dissocier. Arrivés dans les vésicules séminales, les spermatozoïdes et les spermatophores sont le plus souvent enrobés dans un liquide trop épais et trop visqueux pour que les mouvements puissent encore s'y produire. Chez les *Carabus auronitens* et *purpurascens*, nous avons trouvé dans la vésicule séminale les spermatophores en bouquets enfermés dans une masse résistante et élastique comme de la gutta-percha.

Les spermatophores filamenteux sont toujours libres dans un liquide.

Le contenu des vésicules copulatives de la femelle est ordinairement presque solide, il s'entoure même parfois d'une coque assez résistante, ainsi que STEIN⁽¹⁾ le signale chez plusieurs insectes. Ce coagulum de sperme ne peut recevoir le nom de spermatophore, nous l'avons dit plus haut, p. 37; car, non seulement il ne sert pas au transport des spermatozoïdes, mais il se forme seulement après leur arrivée dans la vésicule copulative; il doit même se dissoudre pour leur permettre de quitter cette vésicule et d'opérer la fécondation.

Les spermatophores se désorganisent également dans cette vésicule. Après la dissolution du coagulum, on les trouve souvent profondément altérés. Ainsi chez un *Carabus purpurascens* et un *Carabus auratus*, capturés en novembre, nous n'avons plus trouvé dans la vésicule copulative que quelques restes de spermatozoïdes libres, et des écailles altérées.

Les FIG. 123 et 124 représentent deux tronçons de spermatophore pris dans la vésicule copulative de la *Feronea anthracina* en novembre. Ils sont en voie de désorganisation : leur axe n'est plus rempli de soie, il est vide et gonflé et ne se colore plus par le carmin. Il contient maintenant des spermatozoïdes. Ceux-ci en effet ont quitté en partie les lames latérales qui se recoquillent, et ne présentent plus les stries parallèles et régulières qu'on y observait auparavant; on n'y voit plus que des filaments jetés çà et là en désordre (FIG. 124). Ces faits nous montrent que la substance incolore

(1) STEIN. Loc. cit.

des lames latérales des spermatophores doit présenter, au moins à sa surface, une condensation qui persiste et conserve plus ou moins leur forme après le départ des spermatozoïdes. Ceux-ci passent donc des lames dans l'axe vidé, puis ils s'en échappent, probablement par l'extrémité antérieure qui est elle-même altérée (FIG. 123). Nous n'avons toutefois jamais observé d'ouverture béante à cette extrémité.

C. Diptères.

Les phénomènes des trois étapes chez les divers insectes de cet ordre, tant némocères que brachycères, sont très peu variés, et réduits à leur plus grande simplicité. Une particularité de la première étape, que nous avons notée chez quelques espèces du type dégradé des *Hippoboscides*, nous a fait choisir dans l'*Ornithobia cervi* les figures destinées à faire connaître au lecteur le facies de la spermatogénèse dans ce groupe.

Première étape.

Les métrocytes primordiales des diptères ne nous sont pas connues, et nous ignorons absolument les rapports qu'elles ont avec les cellules polaires de l'embryon. Le contenu des plus jeunes testicules d'*Ornithobia*, dont nous ayons disposé, était formé de petites cellules se multipliant par segmentation binaire. Nous avons fait la même observation chez divers muscides et entre autres chez la *Lucilia caesar*. Les testicules dont nous parlons appartenaient à des insectes sacrifiés vers la fin de la période nymphale.

On doit conclure de ces observations qu'il règne dans le testicule des diptères, comme dans celui des coléoptères, une période de segmentation précédant l'apparition des colonies.

Les premières colonies qui s'y forment sont constituées par des cellules assez volumineuses. L'une d'elles est représentée dans la FIG. 126. Quelques cellules multinucléées, qui leur sont entremêlées, nous font présumer que la formation endogène ordinaire préside à leur formation.

La segmentation binaire ne tarde pas à envahir ces premières colonies; on y remarque une augmentation de volume qui est suivie bientôt de la désagrégation et de la dispersion de leurs éléments. C'est en effet de la rupture de ces premières colonies que proviennent les nombreuses petites cellules isolées, que l'on trouve à un moment donné dans le testicule, mélangées à des colonies encore intactes et à des éléments plus

avancés. Ces cellules vont sans tarder donner naissance aux colonies spermatiques (FIG. 131). En effet lorsqu'on étudie, ainsi que nous l'avons fait, le contenu du testicule à différents âges, on acquiert la conviction qu'il ne s'y produit pas, comme chez d'autres insectes, un grand nombre de générations endogènes successives.

C'est parmi ces cellules libres que l'on peut suivre un mode tout spécial de multiplication. Les divers stades en sont représentés dans les FIG. 126, 127, 128, 129, 130, 131.

Au premier stade de cette série (FIG. 127), la cellule a deux noyaux et son protoplasme est encore au repos. Dans le deuxième (FIG. 127), le protoplasme entre en mouvement; il présente en effet un étranglement profond qui vient diviser la cellule en deux. Cet étranglement présente ceci de particulier qu'il n'intéresse pas la membrane cellulaire proprement dite; celle-ci demeure intacte et passe au devant du sillon circulaire sans s'y infléchir. Le protoplasme n'est limité d'abord dans ce sillon que par une condensation périphérique du reticulum plasmatique, condensation qui se continue avec l'utricule de MOHL des deux cellules en formation, et qui prend peu à peu de la consistance et de la solidité. Bientôt, ainsi qu'on le voit dans la FIG. 128, l'étranglement s'achève, et l'on trouve alors à l'intérieur de la membrane de la cellule-mère deux cellules-filles complètement séparées.

Cette particularité de la division du protoplasme, de se faire par un étranglement auquel la membrane ne prend aucune part, s'observe encore dans d'autres espèces de cellules : on peut en voir plusieurs exemples dans le mémoire de J. B. CARNOY.

Il arrive qu'après une semblable segmentation, la membrane de la cellule-mère se brise ou se résorbe au niveau du sillon, et qu'ainsi les deux cellules-filles deviennent libres et indépendantes.

Mais d'autres fois, cette membrane survit à la division et continue à entourer les cellules-filles; c'est ce qui a lieu dans les cellules testiculaires de l'*Ornithobia*. Ici en effet la membrane de la cellule-mère, malgré sa grande minceur, maintient unies non seulement les deux premières cellules-filles, mais encore toute celles qui en naissent successivement par segmentation binaire, ainsi que l'indiquent les FIG. 129 et 130.

L'absence de participation de la membrane à la division du protoplasme a donc pour conséquence la formation de colonies semblables à celles dont nous avons décrit la genèse par voie endogène chez les lépidoptères et les coléoptères.

La membrane de ces colonies est toujours extrêmement mince. Il est utile, pour la mettre en évidence, de faire agir sur la préparation les vapeurs dégagées d'un mélange d'acide osmique et d'acide acétique glacial, pendant une minute.

Tel est le mode de formation des colonies de cellules spermatiques semblables à celles dont nous donnons un exemple dans la FIG. 131.

Toutefois la présence de cellules multinucléées, interposées à des éléments représentant les divers stades de ce premier mode, nous oblige d'y admettre aussi le mode ordinaire, c'est-à-dire la formation endogène.

Des phénomènes semblables ont été décrits en 1870 par J. B. CARNOY⁽¹⁾ dans le sporange des *Thamnidium* et des *Hydrophora*.

Ce savant y désigna cette variété de formation endogène sous le nom de *segmentation endogène*.

Nous reviendrons sur ces faits dans nos considérations générales.

Deuxième étape.

L'allongement des cellules est unipolaire, comme dans les insectes précédemment étudiés; le segment procéphalique des spermatozoïdes adultes est en effet extrêmement court et fait même défaut sur beaucoup d'entre eux.

Divers stades de l'allongement sont représentés dans les FIG. 131 et 132.

Les FIG. 133 et 134 démontrent que pendant la formation de la tête le noyau subit les mêmes modifications que chez les lépidoptères; nous n'y avons par remarqué de différence digne d'être notée.

On peut voir dans la FIG. 134 qu'il s'y forme aussi un filament axial. La queue résulte de la fusion de ce filament avec la membrane de la cellule spermatique.

Le protoplasme devient parfois assez abondant vers le milieu de la deuxième étape; il s'accumule surtout à l'extrémité antérieure des faisceaux. Nous n'y avons vu qu'un seul noyau femelle, et encore les colonies qui en possèdent sont-elles rares. Pas plus que dans les autres ordres, nous n'avons recueilli d'indication sur l'origine de cet élément. Il serait intéressant de savoir si les colonies formées par segmentation endogène, comme celle de la FIG. 131, peuvent donner naissance à des faisceaux contenant un noyau femelle. On pourrait se demander alors si le noyau femelle ne dérive pas d'une des cellules-filles dont le protoplasme se disperserait d'abord dans la colonie pour se concentrer plus tard au devant du faisceau.

(1) J. B. CARNOY. *Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons*, Gand, 1870: Pl. IV. FIG. 3, 4 et 5.

Troisième étape.

Les spermatozoïdes mûrs sont extrêmement longs chez l'*Ornithobia*. Chez tous les diptères que nous ayons étudiés les faisceaux se rompent, et le sperme est constitué par un liquide visqueux contenant des spermatozoïdes en liberté; nous n'avons trouvé des spermatophores dans aucune espèce indigène en Belgique.

D. Orthoptères.

Cet ordre, comme on sait, est loin de constituer un groupe homogène; on y range des insectes doués d'une conformation très variée. Aussi n'est-il pas étonnant de trouver chez eux des différences assez grandes dans le mode de formation et la structure des spermatozoïdes ainsi que dans les phénomènes et dans le sort qu'ils subissent après leur achèvement. Toutefois ces différences ne surgissent guère que dans les deux dernières étapes; celles-ci présentent en effet, surtout dans le groupe des *Saltatoria* et dans certaines *Libellulides*, des particularités remarquables; aussi, l'étude de ces deux étapes nous arrêtera-t-elle plus longtemps que celle de la première.

Première étape.

L'exploration des cæcums testiculaires à différents âges nous a permis de constater, chez un grand nombre d'orthoptères, une succession de phénomènes semblables à ceux que nous ont présentés les coléoptères. Partout l'on trouve les plus jeunes testicules larvaires complètement remplis de petites cellules uninucléées qui paraissent, à une certaine époque, se multiplier activement par segmentation binaire. Nous avons fait cette observation dans les genres *Gryllus*, *Gryllotalpa*, *Forficula*, *Periplaneta*, *Decticus*, *Locusta*, *Agrion* et *Libellula*.

Dans ces insectes arrivés à l'état de nymphe on trouve déjà des métrocytes qui ont parcouru une étape de plus, et ont atteint le stade des cellules multinucléées.

Les deux séries de figures 138 à 142 et 143 à 148 reproduisent quelques phases de l'évolution des métrocytes chez le *Decticus verrucivorus*.

Elles se rattachent au développement de deux espèces de cellules. Celles de la première série sont des métrocytes indifférentes; celles de la seconde

série vont au contraire donner naissance aux colonies de cellules spermatiques. En général il est facile de distinguer ces deux espèces d'éléments ; ils présentent en effet des caractères et un facies différents.

Parlons d'abord des premiers.

La cellule uninucléée de la FIG. 139 est une de celles qui remplissent le testicule jeune. On y remarque un noyau très volumineux qui contient un filament nucléinien très gros, peu tortillé et portant souvent une striation transversale évidente.

Les figures suivantes représentent divers stades du développement de cette première cellule. Elle possède déjà, dans les FIG. 140 et 138, deux noyaux semblables au noyau primitif. Nous remarquerons sur la seconde de ces figures un prolongement assez long : c'est un pseudopode amiboïde. Il n'est pas rare d'en observer de semblables sur tous les éléments testiculaires ; mais ici, comme chez les autres insectes, ces prolongements se meuvent avec une lenteur extrême. Pour être vrai nous devons même avouer que nous ne les avons jamais vu changer de forme dans leur milieu naturel, même en élevant la température de la préparation jusque vers 30 ou 35 degrés. Mais il suffit d'ajouter de l'eau ou un autre liquide qui ne tue pas les cellules, ou de dissocier le testicule dans un serum naturel ou artificiel et même dans le sang de l'animal, pour voir ces prolongements s'animer, et pour provoquer la formation de nouvelles expansions pseudopodiques. Les prolongements extrêmement développés que BÜTSCHLI (1) figure sur les métrocytes de la *Blatta orientalis* nous paraissent dûs aussi à l'action irritante d'un liquide étranger.

La multiplication nucléaire se poursuit pendant quelque temps dans ces cellules. Le protoplasme ne tarde cependant pas beaucoup à entrer en mouvement ; il se divise bientôt et donne naissance à des colonies qui sont ordinairement peu volumineuses et composées d'un petit nombre de cellules. Celle que représente la FIG. 142 n'est pas une des moins riches en éléments.

Jusqu'à ce moment les métrocytes conservent les caractères qu'elles présentent dans les jeunes testicules : à toutes les phases elles se montrent assez volumineuses et possèdent un gros noyau à filament nucléinien très visible. Bien que le volume des noyaux diminue à mesure que leur multiplication se poursuit, ils conservent cependant ces caractères jusque dans les cellules qui constituent les premières colonies (FIG. 142). Mais bientôt la segmentation envahit ces éléments, et peu après on trouve à leur

(1) BÜTSCHLI, loc. cit.

place des cellules plus petites, dont le noyau ne possède plus qu'un filament nucléinien beaucoup plus grêle (FIG. 143). Ultérieurement ces nouvelles cellules subissent à leur tour la formation endogène; à tous les stades de ce phénomène elles conservent des caractères qui permettent toujours de les reconnaître (FIG. 143 à 148). Le nombre de noyaux qu'elles contiennent, au moment où le protoplasme se divise, est variable et peut être assez considérable, ainsi qu'on peut le constater dans la FIG. 147.

Après la division du protoplasme de la métrocyte, les petites cellules de la nouvelle colonie entrent aussitôt en segmentation, phénomène qui a pour conséquence un accroissement considérable de la colonie. Telle est l'origine des colonies volumineuses formées d'un grand nombre de petites cellules dont la FIG. 148 montre un exemple. Il ne nous paraît pas qu'il se produise plus de deux générations endogènes successives.

La première étape présente des phénomènes semblables chez les autres orthoptères; on n'y trouve de différence que dans le facies particulier des cellules et, peut-être, dans le nombre des générations endogènes, nombre que nous n'avons du reste pas cherché à préciser.

En résumé, de même que chez les coléoptères, la première étape comprend chez les orthoptères une première période assez longue, caractérisée par le règne exclusif de la segmentation. Cette période est suivie d'une seconde dans laquelle la formation endogène se produit au moins à deux reprises, et alterne avec des séries de segmentations binaires.

Deuxième étape.

Il est certains orthoptères tels que les blattes, les forficules, les grillons, etc., chez lesquels la formation des spermatozoïdes ne présente aucun caractère particulier, digne d'une mention spéciale dans une étude comparée; la deuxième étape n'y diffère pas de ce qu'elle est chez le plus grand nombre d'insectes. Aussi n'en parlerons nous pas dans ce chapitre; en ce qui les concerne nous nous contenterons de renvoyer le lecteur à notre description de cette étape chez les coléoptères.

Mais il en est d'autres qui, par la forme singulière de leur spermatozoïdes mûrs aussi bien que par les phénomènes particuliers de leur spermatogénèse, arrêtent forcément l'observateur en lui opposant des difficultés souvent difficiles à surmonter. Telles sont les sauterelles en général et, pour une certaine part aussi, quelques insectes du groupe des pseudo-névroptères.

Malgré le facies anormal que ces particularités impriment à la deuxième étape chez quelques-uns d'entre eux, on peut cependant, chez les orthoptères comme chez les autres insectes, y étudier séparément deux actes principaux : 1° le changement de forme de la cellule spermatique et 2° les phénomènes de différenciation interne, soit du noyau, soit du protoplasme.

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

C'est ordinairement par le simple étirement de la cellule spermatique tout entière que le spermatozoïde acquiert la forme filamenteuse qu'il possède dans tous les représentants du groupe qui nous occupe.

La FIG. 164, prise chez le *Decticus verrucivorus*, marque un stade moyen de cet étirement; on voit qu'il est unipolaire comme chez les autres insectes. Le noyau de cette cellule n'a pas encore subi de changements; l'étirement est donc précoce dans cette cellule. Mais il arrive plus fréquemment que l'élongation se produit tardivement, alors que le noyau est déjà profondément modifié. En effet on rencontre souvent des cellules affectant encore la forme sphéroïdale, ne portant même aucun prolongement faisant présager un étirement prochain, et qui cependant renferment déjà un noyau à demi transformé en tête, ainsi que le montrent les FIG. 156, 157 et 158.

Il arrive même que l'étirement est encore plus en retard que dans ces figures; il ne se produit qu'après la formation du filament axial, comme c'est le cas pour la FIG. 157, par exemple. On voit dans cette figure un spermatozoïde assez avancé dans son développement et enroulé dans une cellule qui a conservé sa forme globuleuse.

Malgré le retard qu'il éprouve, l'étirement de cette cellule se produira néanmoins, car telle est la destinée de toutes les cellules spermatiques. Il n'est pas rare, de rencontrer divers stades de l'allongement tardif que subissent de semblables cellules (FIG. 154). Les figures de VON SIEBOLD (1) représentent des stades analogues.

Il n'est pas impossible que le filament axial lui-même joue un rôle dans la production de ce phénomène; car ce filament, au moment de la maturité, pourrait bien se redresser et acquérir une élasticité suffisante pour forcer la cellule à s'étirer. Mais, pas plus ici que chez les *Lithobius*, il n'est permis d'accorder à cette action hypothétique une importance trop grande, car le filament axial n'apparaît, dans bien des cas, qu'à un moment où l'allongement est déjà très avancé (FIG. 164).

(1) VON SIEBOLD. *Ueber die Sperm. d. Locustinen*. Loc. cit.

L'étirement se poursuivant toujours, la cellule spermatique devient filamenteuse, et sa membrane se rapproche peu à peu du noyau et du filament axial. Cette membrane ne tarde pas à s'appliquer exactement sur les parties internes, et à se fusionner ensuite avec elles. En même temps elle devient de plus en plus faible; aussi dans les faisceaux intacts, où toutes les cellules sont étroitement accolées les unes aux autres et paraissent fusionnées, il est impossible de la distinguer. Pour l'observer, il est nécessaire de dissocier les faisceaux, et d'en étudier les cellules isolées à l'aide d'un système grossissant assez puissant.

A ne considérer que des éléments du genre de ceux que nous représentons dans les FIG. 156, 157 et 158 et qui proviennent de la dissociation de jeunes colonies, on pourrait se demander si le spermatozoïde qu'ils renferment n'achève pas son développement en restant pelotonné à l'intérieur de la membrane cellulaire, celle-ci ne s'allongeant pas et ne prenant aucune part à la formation du spermatozoïde. Toutefois, si l'on songe que dans le testicule vivant ces éléments ne sont pas isolés mais réunis en colonies, on se convaincra que cette hypothèse ne doit pas se réaliser; car toutes les colonies du testicule se transforment en faisceaux et sont par conséquent entièrement formées d'éléments allongés. Toutes les cellules spermatiques subissent donc l'étirement dont nous parlons, et le spermatozoïde n'est que le produit de la différenciation d'une cellule tout entière.

Cependant on rencontre assez souvent chez les orthoptères des cellules contenant de deux à six spermatozoïdes. Les FIG. 163 et 167 en fournissent deux exemples. En recherchant les stades antérieurs de leur formation, on peut s'assurer que ces spermatozoïdes sont nés ensemble, au sein de la masse plasmatique indivise d'une seule cellule. La formation endogène n'a pas précédé leur apparition dans la cellule-mère : ce n'est pas dans une colonie qu'ils sont nés, c'est dans une cellule multinucléée. On trouve en effet des cellules multinucléées qui présentent, tant dans leurs noyaux que dans leur protoplasme, certaines modifications dont la signification n'est pas douteuse. Dans les noyaux, on remarque surtout un changement de forme, qui est indiqué dans diverses figures, et l'apparition d'une vacuole à parois épaisses au devant de leur extrémité antérieure; dans le protoplasme, on constate la formation du filament axial. Ces indices ne laissent pas place au doute, ils annoncent la formation de plusieurs spermatozoïdes au sein d'une même cellule. (FIG. 156.)

On pourrait supposer que, dans des éléments semblables, la division du protoplasme est simplement en retard, qu'elle peut encore s'effectuer et

donner naissance à plusieurs cellules spermatiques ordinaires. Mais c'est là une interprétation à laquelle l'observateur renonce bientôt. En poursuivant ses recherches il rencontre en effet, sans grande peine, toute une série de stades de la formation de la tête et de la queue de ces spermatozoïdes, depuis leur première indication jusqu'à un degré d'achèvement assez avancé. Il y voit aussi le protoplasme, assez fourni d'abord, diminuer à mesure que le filament axial se développe à ses dépens, et se trouver réduit finalement à de très faibles débris. D'ailleurs il n'y rencontre jamais d'indices de division tardive. Aussi la formation simultanée de plusieurs spermatozoïdes au sein d'une cellule multinucléée prend-elle bientôt à ses yeux l'évidence d'un fait d'observation.

Il résulte de cela que, si l'on ne considérait que les éléments obtenus à l'état de liberté par la dissociation du testicule, on pourrait se demander, avec plus de raison que dans le cas des fig. 156, 157 et 158, si ces spermatozoïdes ne doivent pas s'achever complètement en demeurant enroulés dans la cellule qui les contient, et sans que la membrane de cette cellule prenne part à leur formation. Mais il faut se rappeler également que tous les éléments du testicule font partie de colonies qui se transforment en faisceaux semblables à celui de la fig. 173. Il est dès lors évident que tous les éléments qui constituent ces colonies, les cellules spermatiques qui engendrent plusieurs spermatozoïdes aussi bien que les autres, doivent s'étirer aussi, et que leurs filaments doivent s'étendre et devenir parallèles à l'axe du faisceau. Pendant que cet étirement se fera, les spermatozoïdes continueront à s'achever, se partageant les restes de la cellule, qu'ils utilisent comme matériaux de nutrition.

Il n'est pas possible de dire si chacun des spermatozoïdes ainsi formés possédera une partie de la membrane de la cellule-mère; c'est là d'ailleurs une question oiseuse. Car, en thèse générale, on doit admettre simplement que c'est le protoplasme de la cellule qui organise la partie caudale du spermatozoïde; que la portion de ce protoplasme qui s'est condensée à la périphérie pour former la membrane prenne part ou non à cette formation, la chose importe peu.

La formation de plusieurs spermatozoïdes au sein d'une cellule est un fait qui a son importance, nous y reviendrons dans nos conclusions.

Pour le moment un seul fait nous intéresse, à savoir: que les cellules spermatiques multinucléées s'allongent aussi bien que les cellules uninucléées. L'étirement qu'elles subissent est unipolaire, puisque l'allongement de la colonie, dans son ensemble, présente ce caractère.

Ainsi, les modifications morphologiques de la cellule spermatique des sauterelles se résume dans un étirement unipolaire, et cela pour tous les cas qui se présentent.

Mais il n'en est pas de même chez tous les orthoptères. En effet, si le changement de forme qui se manifeste chez la *Libellula depressa* est encore dû à un simple étirement, comme c'est la règle générale chez les insectes, ce phénomène y présente cependant un caractère tout différent. Ainsi qu'on peut le voir dans les FIG. 205, 206, 207 et 208, la cellule spermatique paraît y subir un étirement purement passif. Il semble qu'elle ne s'allonge que sous l'action du corps filamenteux qu'elle contient, et qui n'est autre que l'élément nucléinien du noyau, comme nous le verrons plus loin. Ce corps, pelotonné d'abord dans une cellule globuleuse (FIG. 204), en s'étendant et s'arc-boutant ensuite par ses deux extrémités contre la membrane, force celle-ci à s'allonger et à se rapprocher au point de s'accoler complètement à lui. En tout cas cet étirement possède un caractère bipolaire.

Ajoutons que, chez cet animal, on observe aussi la formation de plusieurs spermatozoïdes dans une seule cellule (FIG. 203). Nous reviendrons sur ces faits intéressants.

II. Différentiations internes.

A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau.

Avant d'entamer la description détaillée de ces phénomènes, nous prions le lecteur de jeter un regard sur la PL. VI, et spécialement sur les FIG. 155, 156, 157, 158 et 159. On voit, dans cette série de figures, le noyau se transformer graduellement et prendre insensiblement la forme d'une lame aplatie (FIG. 159), qui plus tard se transforme elle-même en une tige cylindrique (FIG. 162 et 163). Cette partie est la seule que le vert de méthyle colore en bleu; elle constitue la tête du spermatozoïde. La tête dérive donc du noyau chez les orthoptères comme chez les autres animaux. C'est là un fait fondamental que nous tenions à établir avant d'aborder les détails du développement.

Suivons à présent la série de modifications que subit le noyau de la cellule spermatique pour revêtir la forme qu'il affecte dans le spermatozoïde mûr.

Ce noyau dans les cellules spermatiques récemment formées ne présente rien de particulier; ainsi que le montre les figures 149 à 152, l'élément nucléinien y possède la forme filamenteuse ordinaire. Il conserve ses caractéristiques ordinaires.

tères primitifs pendant un temps variable. C'est ainsi qu'il peut posséder encore sa forme sphéroïdale à une époque où la cellule spermatique est déjà très allongée et présente même un filament axial bien établi, FIG. 164; tandis qu'il est déjà profondément modifié dans des cellules encore globuleuses et ne présentant aucune différenciation interne, comme on le voit dans les FIG. 152 et 156 à 158.

La première modification que subit le noyau est interne et ne peut être décelée qu'à l'aide du vert de méthyle. La coloration uniforme et intense que lui donne ce réactif, à un moment donné, indique en effet que son contenu liquide a changé de nature et possède à ce moment pour les matières colorantes une affinité presque égale à celle de la nucléine elle-même. Néanmoins cette coloration, malgré son intensité, ne cache pas les bâtonnets nucléiniens qui existent encore au début du phénomène. Ce n'est que plus tard que ces bâtonnets, fragments du filament continu, se dissolvent et finissent par disparaître complètement. Il arrive cependant qu'on les remarque encore dans la tête à des stades assez avancés de sa formation (FIG. 183).

Tandis que s'opère la dissolution de l'élément nucléinien, l'on voit apparaître en un point de la surface externe du noyau, une production particulière, dont l'évolution joue un rôle important dans l'achèvement du spermatozoïde : c'est une vacuole à parois épaisses et dont le vert de méthyle ne colore nullement le contenu. On peut suivre dans la PL. VI plusieurs séries de figures montrant les changements de forme et de grandeur que cette vacuole subit, depuis son apparition jusqu'à la maturité du spermatozoïde. Nous y reviendrons tout à l'heure, mais il convient que nous en recherchions d'abord l'origine.

D'où vient cette vacuole au facies particulier? Naît-elle dans le cytoplasma à la manière des vacuoles ordinaires? ne dérive-t-elle pas plutôt du noyau auquel on la trouve toujours intimement accolée?

Cette question est difficile à trancher, car des indications contradictoires se présentent à l'observateur qui cherche à l'élucider. Ainsi, plusieurs de nos figures (FIG. 155 à 158) semblent indiquer que la vacuole naît du noyau, et résulte d'un retrait de son contenu à l'intérieur de sa membrane. Si ces images se rencontraient seules dans les préparations du testicule, elles fourniraient une explication très simple, satisfaisante, de la formation de la vacuole. Ce retrait de la masse nucléinienne fusionnée est en effet un phénomène très ordinaire dans la formation de la tête; nous l'avons signalé déjà à différentes reprises chez les insectes, et nous l'avons observé aussi chez beaucoup d'autres animaux. Il présenterait seulement chez les sau-

tercelles un caractère particulier. Au lieu de se contracter en une petite sphère entièrement séparée de la membrane, comme cela se fait ailleurs, l'élément nucléinien se rétracterait seulement à l'extrémité antérieure du noyau, en restant toujours en rapport avec la membrane sur le reste de sa surface. La face antérieure de la masse rétractée prendrait plus tard les formes qu'elle affecte dans les FIG. 158, 182 et 183.

Mais d'autres faits viennent à l'encontre de cette interprétation. Les FIG. 149, 150, 151, 165 et 177 montrent des noyaux de dimensions normales, et encore régulièrement sphériques, qui portent cependant une vacuole plus ou moins développée. Il est évident que le contenu de ces noyaux n'a pas subi de rétraction; la formation de la vacuole ne peut donc s'expliquer de cette manière.

On pourrait admettre alors qu'elle résulte d'un soulèvement de la membrane du noyau; une accumulation de liquide se faisant sous cette membrane pourrait peut-être y produire, en s'accroissant beaucoup, la volumineuse vacuole dont nous parlons. Ils se passerait alors dans le noyau un phénomène semblable à celui que l'on produit artificiellement sur beaucoup de cellules épithéliales vivantes en leur faisant subir l'action de l'eau; on voit souvent dans ces conditions la membrane se détacher du protoplasme en un point, et se soulever sous l'influence de la vacuole naissante qui prend bientôt des dimensions considérables et un aspect analogue à celle dont nous parlons.

Mais l'état de la vacuole spermatique au début de sa formation ne s'accorde guère avec cette hypothèse. C'est ce que montrent les FIG. 149 et 150 qui en représentent les stades les plus jeunes. On n'y voit en effet nullement la membrane du noyau se détacher de son contenu pour former la vacuole; celle-ci est au contraire séparée du noyau par une membrane très épaisse, la membrane du noyau lui-même, plus puissante à cet endroit qu'en tout autre point de sa surface.

On pourrait encore chercher à expliquer d'une autre manière la formation de cette vacuole aux dépens du noyau, en admettant qu'elle résulte d'un dédoublement de la membrane nucléaire. Ce phénomène devrait être rapproché de celui qui se passe dans la membrane des cellules à huile essentielle de certaines plantes, où il se produit, dans l'épaisseur même de la membrane, une accumulation d'essence qui en soulève la portion extérieure et y détermine la formation d'une poche volumineuse, laquelle reste fixée à la cellule, à peu près comme la vacuole en question reste fixée au noyau FIG. 151. Mais ce n'est là, pour ce qui regarde la cellule sperma-

tique, qu'une pure hypothèse. Elle est d'accord, il est vrai, avec certains faits : l'adhérence de la vacuole au noyau, la solidité de ses parois, l'existence d'une membrane entre cette vacuole et le noyau ; mais ces détails peuvent aussi s'expliquer dans les autres hypothèses, et aucun fait évident ne démontre la réalisation de ce mécanisme dans le noyau de la cellule spermatique.

Enfin, si l'origine de cette vacuole n'est due, ni à une rétraction du contenu nucléaire, ni à un soulèvement ou à un dédoublement de la membrane du noyau, il faut admettre alors qu'elle se forme non pas aux dépens du noyau mais au sein du cytoplasma, à la manière des vacuoles ordinaires. Dans cette hypothèse la vacuole, originairement indépendante du noyau, viendrait s'y appliquer ultérieurement et contracter avec lui une adhérence intime, une véritable soudure, ainsi que le montrent plusieurs de nos figures (FIG. 153 et 154), et ainsi que cela ressort du reste de tout le développement ultérieur de cette vacuole.

Nous avons rencontré souvent des vacuoles semblables qui n'étaient pas encore accolées au noyau ; ce n'était plus une membrane qui les séparait de celui-ci, mais une bande de protoplasme ordinaire (FIG. 176). Si nous étions certain que ces vacuoles sont bien destinées à devenir la vacuole antérieure du spermatozoïde, nous n'hésiterions pas à regarder cette dernière comme une production du cytoplasma, mais il nous reste toujours un doute. Elles pourraient bien n'être en effet que des vacuoles ordinaires, sans destination spéciale, telles qu'on en observe fréquemment dans beaucoup d'autres cellules.

Néanmoins c'est à cette dernière hypothèse que nous nous rallions le plus volontiers pour le moment, parce qu'elle s'harmonise le mieux avec les faits que nous possédons. Mais nous ne connaissons pas tous les faits et, loin de considérer nos résultats comme satisfaisants, nous regardons au contraire nos observations sur ce point comme fort incomplètes, malgré les peines que nous nous sommes données. Nous espérons pouvoir les compléter par les recherches que nous nous proposons d'entreprendre sur les orthoptères exotiques, dans le seul but d'élucider la question de l'origine de cette vacuole.

Passons maintenant en revue les modifications que subit la vacuole elle-même.

Elle doit éprouver d'abord une rapide augmentation de volume, car la rareté des vacuoles aussi petites que celles des fig. 149 et 150 indique qu'elle ne reste pas longtemps dans cet état rudimentaire.

Le volume qu'elle peut atteindre est du reste variable; c'est ainsi qu'on la voit parfois, comme dans la FIG. 155, assez peu développée sur des noyaux qui déjà se transforment en tête; tandis que sur d'autres noyaux, dont la forme n'est pas encore modifiée, elle est très volumineuse et atteint parfois les dimensions du noyau lui-même (FIG. 154 et 165).

Récemment formée, la vacuole est séparée du noyau par une surface convexe qui proémine dans sa cavité (FIG. 151); ce qui provient de ce que le noyau est encore sphérique à ce moment. Bientôt survient une déformation du noyau, et cette surface devient plane (FIG. 154), ou même concave (FIG. 152 et 153). Plus tard il s'en élève une saillie qui s'avance de plus en plus dans l'intérieur de la vacuole, et prend des formes diverses que nous étudierons tout-à-l'heure. Il en résulte que la vacuole se déforme et que sa cavité se réduit (FIG. 155, 159 et 160). En même temps le noyau, comme nous le verrons, s'aplatit et s'élargit, tandis que la saillie médiane continue à s'accroître. Cette dernière déformation du noyau a pour résultat l'étirement transversal de la vacuole, et sa division en deux chambres latérales, restant unies par une petite cavité commune qui persiste à l'extrémité du spermatozoïde (FIG. 159, 160, 161).

Le reste de l'évolution de la vacuole est intimement lié aux modifications que subit le noyau; aussi est-il nécessaire, avant d'en achever l'étude, que nous exposions les phénomènes dont ce dernier devient le siège.

Nous l'avons vu plus haut, le noyau, lors de l'apparition de la vacuole, ne présente dans sa forme extérieure aucun changement; tandis que sa constitution interne a déjà subi une modification qui nous est révélée par la coloration uniforme que lui donne le vert de méthyle.

Plus tard il subit dans sa forme des changements profonds. Ces changements débutent par la production d'une saillie médiane, proéminent dans l'intérieur de la vacuole. Sans tarder le noyau commence à s'allonger, phénomène qui s'annonce déjà dans les FIG. 155, 156, et qui est déjà bien caractérisé dans les FIG. 157 et 158. Cet allongement est accompagné d'un élargissement de la partie antérieure; les FIG. 155 à 161 représentent divers stades de cette transformation. Ce n'est point tout : en même temps que ces modifications se produisent le noyau subit un aplatissement. Il revêt donc, au stade dans la FIG. 159, la forme d'une lame élargie en avant, mince en arrière, et très aplatie. De développement de la saillie antérieure se continue en rétrécissant de plus en plus la cavité de la vacuole qui se réduit finalement à une simple fente.

De la forme d'une pointe aiguë que cette saillie présente dans la FIG. 155 elle passe à celle d'une lamelle aplatie présentant deux angles à la partie antérieure (FIG. 157). Ces deux angles s'effacent eux-mêmes plus tard (FIG. 161). En même temps que s'effectuent ces changements morphologiques, on voit apparaître, au sommet des angles dont nous venons de parler, deux épaississements de la membrane du noyau. D'abord punctiformes et très brillants (FIG. 158), ces épaississements se continuent plus tard, vers les parties latérales, avec une petite baguette amincie, dirigée obliquement vers le bord du spermatozoïde et qui, elle aussi, est due à un épaississement de la membrane nucléaire. Les figures permettront au lecteur de se faire de ces détails une idée meilleure que celle que nous pourrions lui en donner par une description plus détaillée.

Notons que ces épaississements de la membrane du noyau apparaissent parfois avant que la saillie antérieure ne se produise; ce cas est représenté dans les FIG. 170 et 171. Il est probable que, malgré ce retard dans l'apparition de la saillie, le reste de l'évolution du noyau et de la vacuole se fait comme dans le cas normal.

Tandis que ces phénomènes se passent dans le noyau et dans la vacuole, on voit le protoplasme de la cellule spermatique diminuer insensiblement au point de disparaître. La FIG. 154 nous montre en particulier cette résorption du protoplasme. On y remarque le noyau portant la vacuole à parois épaisses qui paraît lui être solidement fixée et ne faire qu'un seul tout avec lui; mais toute la partie antérieure de la figure est vide de protoplasme. Cependant d'autres fois la résorption est plus tardive. Quoi qu'il en soit, tôt ou tard, la membrane de la cellule finit par s'appliquer sur la paroi de la vacuole et sur le noyau, et par se fusionner entièrement avec ces deux parties.

Vers l'époque où cette application et cette fusion s'effectuent, le noyau qui, on se le rappelle, formait une lame aplatie et élargie (FIG. 159 à 161), commence à se rétrécir et à prendre la forme d'une tige cylindrique, forme qu'il affecte encore dans le spermatozoïde achevé. Mais tandis que le noyau subit cette transformation, la portion qui le surmonte, — c'est-à-dire la vacuole dont la paroi est fusionnée avec la membrane de la cellule, — conserve au contraire sa forme et son volume. Elle s'élargit même plus tard, car les extrémités inférieures de ses diverticulums latéraux divergent davantage. De cet amincissement du noyau résulte la production des deux saillies latérales que l'on voit déjà se dessiner dans les FIG.

160 et **161**, et qui deviennent très prononcées dans les **FIG. 162** et **163**. Ce sont elles qui vont former les crochets latéraux de l'ancre qui se trouve à l'extrémité antérieure du spermatozoïde mûr et qui est l'analogue du *Kopfkappe* des auteurs allemands et de notre segment procéphalique.

On y remarque encore (**FIG. 160, 172** et **185**) les deux baguettes divergentes qui se sont formées dans la membrane du noyau; mais, nous devons le dire, plus le spermatozoïde approche de la maturité, plus ces baguettes deviennent difficiles à observer. Vers le stade de la **FIG. 160** on les voit souvent se colorer en bleu pâle par le vert de méthyle, comme si elle contenaient des traces de nucléine.

Tels sont les phénomènes qui se passent dans le noyau. La description que nous venons d'esquisser suffira sans doute pour en faire saisir les principaux traits; mais il nous reste à expliquer certaines images que l'on rencontre souvent dans les préparations du testicule et dont nous n'avons pas parlé jusqu'ici.

Et d'abord on trouve assez souvent des noyaux contenant une vacuole interne; les **FIG. 165, 168, 178, 179, 180** et **181** en montrent des exemples. On pourrait se demander si elle n'est pas l'origine de la vacuole antérieure. Il ne serait pas impossible en effet qu'elle soit repoussée peu à peu en dehors du noyau, et qu'elle passe ainsi de la phase qui est représentée dans la **FIG. 179** à celle que nous indiquons dans les **FIG. 152** et **153**. C'est la question que nous nous sommes posée au début de nos recherches sur la formation de la vacuole antérieure, alors que nous n'avions point encore suivi jusqu'au bout l'évolution de ces vacuoles internes.

Mais plus tard nous avons dû reconnaître que ces dernières sont purement accidentelles, et sans rapports avec celle qui joue un rôle si important dans la formation du segment procéphalique. En effet une vacuole interne coëxiste parfois avec la vacuole antérieure, comme on peut le voir dans les **FIG. 159, 168, 180** et **181**. De plus nous n'avons pas rencontré de stade intermédiaire entre celui de la **FIG. 178** où la vacuole est centrale, et celui de la **FIG. 182**, où elle est complètement extérieure au noyau. Enfin une étude attentive permet de reconnaître que la vacuole interne finit par disparaître sans laisser de traces. Il arrive cependant qu'on la retrouve encore à des stades assez avancés de la formation de la tête, ainsi que les **FIG. 168** et surtout **159** en font foi.

Une autre particularité, accidentelle aussi dans les cellules spermatiques, c'est la présence d'une enclave albuminoïde à côté du noyau. Nous l'avons observée dans les cellules spermatiques; mais elle est beaucoup

plus apparente dans les métrocytes de toutes générations (FIG. 175). Plus rarement on observe plusieurs petites enclaves analogues. Ce détail n'a pour nous aucune importance; une ou plusieurs enclaves de cette nature peuvent en effet se rencontrer accidentellement dans toute espèce de cellules. Nous n'attribuons à ces corps aucune part dans la formation du spermatozoïde. Si nous avons crû nécessaire d'en signaler l'existence, c'est uniquement parce que nous devons y recourir pour interpréter les descriptions de la formation de la tête données par BÜTSCHLI et DE LA VALETTE S^t GEORGE.

BÜTSCHLI(1) décrit, à côté du noyau clair des cellules spermatiques, un corps particulier, sombre et non transparent, qu'il appelle *Nebenkern*. Ce corps subit d'abord divers changements. Il se divise en deux parties qui s'allongent puis se resoudent pour constituer un bâtonnet qui unit le noyau, ou *Mittelstück*, au filament caudal qui se forme dans le protoplasme. Nous avons vainement cherché à voir ce *Nebenkern*, et surtout, les diverses phases de son évolution. C'est pourquoi nous pensons que le corps auquel BÜTSCHLI fait jouer un rôle dans la formation de la queue, n'est autre que l'enclave albuminoïde que l'on observe accidentellement dans certaines cellules.

Quant aux deux petits fuseaux issus de ce *Nebenkern* et que BÜTSCHLI dessine avec tant de netteté dans les figures I, 3 et 4 de son mémoire, nous ne savons trop à quoi ils correspondent en réalité.

BÜTSCHLI parle aussi d'un autre corps qui apparaît à l'extrémité opposée du noyau, et qui a lui-même la forme d'un noyau. Il sert, dit-il, à former la fourche qui surmonte le spermatozoïde des locustiens. Ce corps n'est évidemment que la vacuole antérieure dont nous avons parlé; les figures I, 8 et 9 de sa planche XLI ne laissent aucun doute à cet égard.

DE LA VALETTE S^t GEORGE, plus heureux que nous, a pu observer le fameux *Nebenkern*, sa division en deux parties et sa reconstitution par le rapprochement et la fusion de ses deux moitiés! Aussi s'est-il converti entièrement aux idées de BÜTSCHLI sur la formation de la tête et l'évolution du *Nebenkern*.

Nous serions très heureux d'apprendre comment il faut opérer pour observer ces étranges phénomènes. Jusqu'à preuve du contraire, nous les considérons comme étant dûs à des accidents de préparation ou à une illusion quelconque.

En préparant le contenu du testicule par la méthode que nous avons indiquée p. 56, et en le conservant dans la liqueur modifiée de Ripart et

(1) BÜTSCHLI. Loc. cit.

Petit, nous pensons que, même à l'aide des meilleurs objectifs à immersion homogène (112 et 118 ZEISS), on ne parviendra à découvrir ces corps ni à leur trouver une relation quelconque avec la formation de la tête. Mais si au contraire l'on négligeait la fixation, si l'on colorait au carmin et si l'on examinait les préparations montées dans un milieu résineux avec des objectifs à sec, peut-être arriverait-on à rencontrer tous les stades décrits par BÜTSCHLI et DE LA VALETTE : une enclave albuminoïde, une petite vacuole, une ou deux anses du filament axial naissant, un fragment d'éléments nucléiniens faisant hernie hors du noyau FIG. 174, etc. pourraient alors figurer tous ces stades. En étudiant la spermatogénèse des sauterelles, on se convainc facilement de la possibilité d'une semblable illusion. L'étude de la formation de la tête, nous l'avons dit, y est très difficile, — surtout, ceci soit dit en passant, pour ceux qui ont lu les descriptions qui en ont été faites par les auteurs, — et il est aisé de se tromper si l'on ne fait usage à la fois d'objectifs à immersion homogène et de matériaux parfaitement fixés. Telle est sans doute la cause du désaccord si marqué qui existe entre les observations de BÜTSCHLI et DE LA VALETTE ST GEORGE et les nôtres.

Un autre détail qui pourrait bien avoir joué un rôle dans la découverte du *Nebenkern*, c'est la présence dans le noyau d'une petite masse irrégulière au milieu des fragments du filament nucléinien. Ce n'est probablement qu'un fragment nucléinien plus gros que les autres, car il a le même aspect et se colore exactement comme ces derniers. Ce fragment est souvent appliqué contre la membrane du noyau; il peut même arriver, surtout si les cellules sont un peu pressées par le couvre-objets, qu'il soulève cette membrane et fasse légèrement saillie à l'extérieur, simulant ainsi le *Nebenkern* ou les fuseaux qui en dérivent. N'étant point parvenu à voir le *Nebenkern* ni les deux fuseaux, nous nous demandons si ce n'est pas à des accidents semblables que BÜTSCHLI et DE LA VALETTE ont fait jouer indûment un rôle particulier.

Certaines de nos figures se rapportant aux sauterelles demandent encore un mot d'explication. Les FIG. 171B et 172B, par exemple, ne paraissent pas se rapporter à la série des phénomènes que nous avons exposés plus haut; leur présence dans les préparations a même ajouté encore aux difficultés que nous avons éprouvées dans l'interprétation des phases auxquelles nous nous sommes arrêté précédemment. Après avoir cherché en vain à les rattacher à la série des FIG. 149 à 163 du *Decticus*, nous avons présumé qu'elles pouvaient bien être des vues de profil des mêmes éléments dont ces séries représentent des vues de face. Pour s'assurer de ce fait il fallait examiner dans ces deux positions une même cellule spermatique. Une simple

pression exercée sur le couvre-objets nous a permis de renverser plusieurs de ces cellules et de les dessiner à la chambre claire dans divers positions, de face d'abord, et de profil ensuite. Les FIG. 171A et 172A représentent deux cellules spermatiques vues de face; les FIG. 171B et 172B reproduisent les deux mêmes cellules après qu'une pression exercée sur le couvre-objets les eût forcées à se présenter de flanc.

Les FIG. 157, 158, 159 et 160 représentent de face des éléments correspondant à ceux qui sont vus de profil dans les FIG. 191, 192, 193 et 194.

Quelques figures (193 et 194) montrent en outre, sous la coupe de la vacuole, un petit diverticulum que l'on ne peut distinguer qu'en relevant le foyer du microscope, et qui n'est autre que la portion latérale descendante de la vacuole antérieure, portion qui se trouvera plus tard comprise dans chacune des branches du segment procéphalique. On y distingue plus ou moins bien, suivant les figures, la baguette d'épaississement qui constitue comme le squelette de chaque branche.

La FIG. 195 est instructive. Elle montre que les saillies latérales, qui vont devenir les crochets, en même temps qu'elles se dessinent sur les côtés de la cellule spermatique se projettent aussi en avant, prenant déjà ainsi la direction qu'affectent les crochets achevés (FIG. 162). On y remarque aussi la baguette oblique rattachée en haut à l'épaississement punctiforme de la membrane du noyau. Les vues de profil montrent aussi que le noyau s'aplatit tout en subissant les premières modifications morphologiques que l'on peut étudier sur les vues de face.

B. *Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme.*

Ces phénomènes se réduisent, d'après nous, à la formation du filament axial. Ce filament s'y élabore comme chez les autres insectes. La FIG. 164 le montre inachevé; il n'a pas encore atteint le noyau et se perd dans le reticulum plasmatique.

Il arrive fréquemment, comme nous l'avons vu, que le filament se montre avant que la cellule spermatique ne s'allonge, et il est dans ce cas plus difficile de suivre sa formation. On remarque souvent, dans ces cellules globuleuses, qu'il se forme à partir du noyau, car on n'y trouve fixé parfois qu'un rudiment très court et assez épais de ce filament (FIG. 149). Nous le répétons, le filament axial, à ce stade, pourrait bien avoir causé les apparences que BÜTSCHLI et DE LA VALETTE S^t GEORGE ont considérées comme des stades normaux de la formation de la queue au moyen du *Nebenkern* et des

produits de sa scission. Une petite enclave albuminoïde accolée au filament, ainsi que nous l'avons vu dans un cas représenté FIG. 179, peut aussi avoir contribué à cette méprise.

Récapitulons ce que nous venons d'exposer avec quelques détails, dans les pages précédentes, concernant la formation du spermatozoïde des sauterelles; les phénomènes de la deuxième étape étant, comme on a pu le voir, plus compliqués chez les sauterelles que chez les autres insectes. Nous jugeons utile, en terminant leur étude, de résumer ce qu'ils ont de plus fondamental et de plus caractéristique.

A cet effet, nous décrirons brièvement le spermatozoïde à peu près achevé, qui est dessiné dans les FIG. 162 et 163, en rappelant l'origine de chacune de ses parties.

Ce spermatozoïde constitue une tige cylindrique qui supporte en avant deux pointes latérales unies de manière à former une ancre dont les branches se projettent en avant, et qui se termine en arrière par un filament devenant de plus en plus mince.

Tout d'abord, comment ce spermatozoïde acquiert-il sa forme générale? Nous l'avons vu, la cellule spermatique tout entière s'allonge et s'aplatit, puis se rétrécit, sauf à la partie antérieure où apparaissent les crochets. Tandis que l'étirement se poursuit, la membrane de cette cellule s'applique sur le noyau et sur les parties qui se sont formées dans le protoplasme.

Ensuite, comment s'élabore chacune des parties de ces spermatozoïdes? Le segment procéphalique, en forme d'ancre, dérive des parois d'une vacuole qui apparaît au devant du noyau, parois avec lesquelles la membrane de la cellule se fusionne. Les crochets qui portent cette première partie montrent souvent encore une fente dirigée dans le sens de leur axe: c'est un reste de la cavité de cette vacuole. La portion de chaque crochet qui est située au-dessus de cette fente dérive de la paroi supérieure de la vacuole; la portion inférieure à la fente correspond à la paroi antérieure du noyau, qui s'est avancée vers l'intérieur de la vacuole et a donné naissance aux baguettes obliques. Celles-ci n'y sont plus maintenant que difficilement visibles. Le noyau prend donc, à l'aide de la portion antérieure de sa membrane, une certaine part à la formation du segment procéphalique.

La tête, portion cylindrique qui se colore en bleu par le vert de méthyle, provient du noyau dont la nucléine se dissout d'abord dans le plasma nucléaire. Ce noyau s'est ensuite aplati et étiré, en même temps qu'il a émis dans l'intérieur de la vacuole une pointe dont la forme subit

plusieurs changements. Après quoi il s'est rétréci et a pris sa forme définitive, tandis que les deux diverticulums, que ses changements de forme avaient produits dans la vacuole, restaient rigides et se détachaient du filament en formant de chaque côté un crochet saillant.

Enfin la queue, plus mince que la tête et non colorable par le vert de méthyle, dérive d'un filament axial qui s'élabore à la manière ordinaire dans le reticulum plasmatique.

En définitive, c'est la formation de l'étrange segment procéphalique à l'aide d'une vacuole qui donne au spermatozoïde des sauterelles un facies si caractéristique et qui ne se retrouve chez aucun autre orthoptère.

D'autres insectes du même groupe présentent encore des particularités intéressantes, mais toute différentes de celles que nous venons d'étudier, comme aussi de toutes celles que nous avons rencontrées chez les insectes. Nous faisons allusion à la *Libellula depressa*.

Il nous paraît intéressant de donner une description rapide des phénomènes, plus simples mais non moins singuliers, dont se compose la deuxième étape chez cet insecte. Nous avons décrit déjà le changement de forme de la cellule spermatique, changement qui est dû à un étirement bipolaire; et nous avons vu que cet étirement semble se produire sous l'action d'un corps filamenteux qui se colore par le vert de méthyle. Ce corps n'est autre que la tête du spermatozoïde, il dérive donc du noyau. Mais sa formation aux dépens de cet élément se fait d'une manière particulière.

Prenons pour point de départ la cellule spermatique de la FIG. 200 qui n'a pas encore subi de modification.

Le noyau de cette cellule contient un filament nucléinien, court et épais, ne décrivant qu'un petit nombre de circonvolutions. Ce filament dans les FIG. 201 et 202 s'est épaissi et déroulé modérément. Dans les FIG. 203 et 204 ces deux modifications se sont accentuées davantage; de plus la membrane du noyau a disparu et le filament nucléinien se trouve plongé dans le cytoplasma. On voit dans les FIG. 205, 206 et 207 ce filament se dérouler, s'étendre et forcer ainsi la cellule tout entière à s'allonger. On peut constater que, tandis que ces modifications s'opèrent, le protoplasme de la cellule disparaît insensiblement; il n'en reste dans la FIG. 208 que de faibles traces sous la membrane et, dans la FIG. 209, la membrane elle-même s'est appliquée sur le filament nucléinien d'une manière si intime qu'il n'est plus possible de l'en distinguer. Mais, vers la fin de l'étirement, on voit se dessiner à l'une des extrémités du filament une petite portion qui demeure

incolore dans le vert de méthyle, et qui constitue le faible segment caudal du spermatozoïde; il représente le reste du cytoplasma.

Il n'est pas possible de distinguer dans ce rudiment de queue le moindre vestige d'un filament axial; la queue tout entière est elle-même peu visible. Sa longueur est variable, comme on peut le constater en comparant les FIG. 209 à 213. Elle paraît s'allonger un peu à mesure que l'élément approche de la maturité, tandis que la portion céphalique se raccourcit. On observe souvent à l'extrémité antérieure du spermatozoïde un petit globule incolore (FIG. 211, 212 et 213) qui représente le segment procéphalique.

Ce mode de formation du spermatozoïde a des analogies avec celui qu'on observe chez certains aranéides et qui sera décrit plus loin.

Noyau femelle.

Nous n'avons pas observé de noyau femelle chez les orthoptères. Les faisceaux de spermatozoïdes y sont d'ordinaire si volumineux que ce noyau pourrait bien y rester inclus sans paraître à l'extérieur. Disons toutefois que nous n'avons point fait de recherches spéciales sur ce point.

Résumé de la deuxième étape.

1° Le spermatozoïde acquiert sa forme définitive par un étirement de la cellule spermatique, se produisant à des instants variables.

Chez la plupart des orthoptères cet étirement est unipolaire : *Periplaneta*, *Blatta*, *Forficula*, *Gryllus*, *Locusta*, *Decticus*, *Ædipoda*, *Meconema*.

Chez le *Libellula depressa* il est bipolaire.

Dans les cas exceptionnels, où il se forme plusieurs spermatozoïdes dans une cellule, celle-ci subit de même un étirement vers la fin duquel les spermatozoïdes se partagent sa substance.

2° Partout, la tête du spermatozoïde dérive exclusivement du noyau.

3° Chez les sauterelles il apparaît, au devant du noyau, une vacuole qui sert à la formation du segment procéphalique ayant la forme d'une ancre.

4° Le filament caudal s'élabore dans le protoplasme de la cellule spermatique.

5° Nous n'avons pas observé de noyau femelle.

Troisième étape.

La constitution du sperme est aussi variable chez les orthoptères que chez les coléoptères : tantôt les spermatozoïdes y sont libres, d'autres fois ils y sont réunis en spermatophores.

Citons, comme exemple du premier cas, les blattes dont le sperme est un liquide épais, renfermant une masse de spermatozoïdes qui n'affectent les uns vis-à-vis des autres aucune disposition fixe. Chez ces animaux, les faisceaux arrivés à maturité se rompent, et les spermatozoïdes se dispersent et s'entremêlent, de manière à former une masse homogène qui est transportée dans la femelle sans l'aide d'aucune production particulière.

Au contraire, chez le groupe des *Saltatoria*, il se forme généralement un appareil spécial destiné à ce transport.

C'est ainsi que, dans le *Gryllus*, on trouve dans le canal déférent, peu de temps avant l'accouplement, une capsule à parois chitineuses, anhistes et très résistantes. Cette capsule est un volumineux spermatophore qui contient toute la masse de sperme qui sera émise pendant l'accouplement.

LESPÈS (1), qui a très bien étudié ces spermatophores, a observé qu'il s'en forme un seul avant chaque accouplement, et que leur élaboration se fait rapidement.

Sur le mode de formation de cette capsule on ne peut faire que des hypothèses. La coque chitineuse qui en constitue la paroi ressemble, il est vrai, à une cuticule, mais elle diffère des vraies cuticules par son origine. Les cuticules dérivent en effet d'une couche de cellules dont le protoplasme se différencie et se transforme progressivement; la coque dont nous parlons s'établit au contraire tout autour d'une petite portion d'un liquide visqueux, qui se trouve isolée dans la partie inférieure du canal déférent. Il semble que sa formation est plutôt due à la présence d'un ferment coagulant, sécrété par l'épithélium du canal, agissant sur les substances dissoutes dans le sperme ou, peut-être aussi, sur une autre substance qu'elles déverseraient elles-mêmes dans le tube pour la coaguler ensuite. En tout cas, la coque dont nous parlons ne dérive pas directement du protoplasme, elle se forme en dehors des cellules; bien que semblable à une cuticule, elle constitue donc une production de valeur différente. Si sa composition est la même que celle des cuticules ordinaires des insectes, son mode de formation indique qu'il peut se passer dans les liquides qui remplissent certaines cavités limitées par des

(1) LESPÈS. Loc. cit.

cellules, telles que celle du canal déférent, des phénomènes chimiques identiques ou analogues à ceux qui ont pour siège le protoplasme lui-même. LESPÈS a vu que le spermatophore, peu de temps après son arrivée dans les organes femelles, se brise, et se vide de spermatozoïdes. Ses restes ne tardent pas à être expulsés; il ne sert donc qu'au transport du sperme. Il semble rendu nécessaire par la disposition particulière des organes mâles, car, d'après la description de l'accouplement esquissée par LESPÈS, il joue le rôle d'organe copulateur.

Le spermatophore du grillon diffère notablement de ceux des coléoptères. Bien que la dénomination de spermatophore, prise dans le sens que nous avons défini p. 36, puisse à la rigueur lui être appliquée, ainsi que l'a fait LESPÈS, nous trouvons préférable cependant de désigner des appareils de ce genre sous le nom de *capsule spermatique*, pour éviter de confondre, sous un même terme, deux productions qui sont si distinctes l'une de l'autre tant par leur constitution que par leur usage.

Chez les sauterelles les spermatophores sont des corps d'une tout autre nature. Ils constituent des faisceaux assez analogues aux spermatophores des féronides; mais ils diffèrent cependant de ces derniers par l'absence d'un axe de soie. Ce n'est pas en se fixant sur un axe semblable que ces faisceaux s'organisent chez les sauterelles, c'est par l'assemblage et l'agencement particulier d'un certain nombre de spermatozoïdes qui se soudent, ou du moins adhèrent l'un à l'autre par une petite portion de leur tête. La FIG. 173 représente un tronçon de spermatophore tiré de la vésicule copulative d'une femelle de *Decticus verrucivorus*, et la FIG. 239 un spermatophore entier, vu sous un faible grossissement (D, 1 ZEISS). Ces faisceaux sont renfermés dans des capsules en forme de bouteille, analogues à la capsule spermatique du *Gryllus*; seulement les spermatozoïdes qu'elles contiennent se sont réunis en spermatophores, au lieu de rester libres comme chez cet insecte; ce sont donc des *capsules spermatiques à spermatophores*. Leur formation doit être semblable à celle de la capsule spermatique du grillon. VON SIEBOLD les a vues chez le mâle, mais nous n'avons pu contrôler cette observation.

Quant aux spermatophores proprement dits, leur étude est très ardue. Il est en effet difficile de reconnaître la disposition qu'affectent les spermatozoïdes qui les constituent. Nous n'avons malheureusement disposé que d'un petit nombre de préparations, et l'hiver est venu interrompre nos recherches sur cet objet qui demande à être étudié à frais et traité de diverses manières. Nous croyons toutefois avoir compris la disposition des sperma-

tozoïdes, assez bien pour pouvoir expliquer toutes les apparences qui en résultent.

Notons encore que cet objet est aussi difficile à dessiner qu'à étudier, même en employant les meilleurs objectifs.

Ces spermatophores s'organisent dans la partie inférieure du canal déférent; mais nous n'avons pu trouver dans cet organe que quelques-unes des premières phases de leur formation (FIG. 174 et 229). L'examen du contenu des organes femelles nous a été plus utile dans l'étude de leur constitution. Divers groupements de spermatozoïdes, extraits des oviductes où les spermatophores se disloquent, et représentant par suite diverses phases de leur désagrégation, nous ont permis de compléter les observations que nous avons faites chez le mâle (FIG. 230 à 238).

Les FIG. 173, 174 et 229, représentent trois stades que l'on observe communément dans le canal déférent, avant la formation des capsules spermatiques. Mais, avant de nous livrer à aucune considération à leur égard, disons que les spermatophores des sauterelles ne sont que des faisceaux, ou si l'on veut des colonies spermatiques transformées; leurs éléments constitutifs sont disposés les uns à la suite des autres, de manière à former un corps allongé et semblable à une plume.

Une des premières phases de la transformation de la colonie spermatique en spermatophore est représentée dans la FIG. 173. Comme on peut le voir, la membrane de cette colonie n'existe plus; elle a été résorbée en même temps que le protoplasme qui, au début, contenait la masse des spermatozoïdes en formation. Une autre modification s'observe encore dans cette figure. Les spermatozoïdes, qui précédemment ne formaient comme chez les autres insectes, qu'un seul amas homogène et sans disposition particulière apparente, se sont divisés en petits groupes de 3 à 15 individus. Dans ces groupes, les spermatozoïdes ne sont plus simplement accolés sans ordre, ils sont au contraire disposés très régulièrement les uns derrière les autres. Ce faisceau renferme déjà deux espèces de groupement, représentant deux stades de l'arrangement définitif. La première sorte, dont un exemple est dessiné de profil et sous un plus fort grossissement dans la FIG. 229, est caractérisée par ce que les spermatozoïdes sont placés seulement l'un derrière l'autre, sans être encore intimement accolés. Pour passer au stade de la seconde espèce de groupement, représenté dans la FIG. 174, les spermatozoïdes ont dû subir, les uns par rapport aux autres, un mouvement de glissement dans la direction de leur axe longitudinal, et en même temps se serrer davantage les uns contre les autres. Ces mouvements ont eu pour effet de rendre

leurs rapports mutuels plus intimes : les spermatozoïdes sont maintenant placés pour ainsi dire l'un dans l'autre. Le premier, situé en *a* dans la FIG. 229, supporte le second sur les branches de son ancre procéphalique; le second porte le troisième de la même manière, et cette disposition se répète dans le reste du petit faisceau, de telle sorte que, si l'on voulait suspendre ce faisceau, il suffirait de fixer l'extrémité caudale du premier spermatozoïde *a* qui supporte tous les autres.

Pour que cet arrangement puisse se produire, il faut que l'extrémité antérieure des spermatozoïdes subisse quelques modifications. En effet la tige de l'ancre procéphalique se fléchit sur elle-même dans le sens postéro-antérieur; cette flexion se produit un peu au-dessus de la naissance des bras de l'ancre, en un point désigné dans la FIG. 231 par la lettre *f*, où l'on observe un angle très net. La petite portion infléchie *i, f*, de chaque spermatozoïde, contribue à supporter le spermatozoïde suivant. Cette FIG. 231 représente en réalité non pas un stade de la formation du spermatophore, mais bien un fragment résultant de sa rupture et qui a été observé, au milieu d'un grand nombre de ses pareils, dans la préparation du contenu de l'oviducte. Mais il ne nous en apprend pas moins ce qui se doit produire dans les petits faisceaux qui passent du stade de la FIG. 229 à celui de la FIG. 174. Ce groupement représente donc un tronçon de spermatophore vu de profil. C'est pourquoi on ne voit, en *b*, qu'un seul bras de l'ancre procéphalique, l'autre bras, situé en-dessous, est caché par le premier, ainsi qu'il est facile de se le représenter. C'est la disposition qu'affectent les spermatozoïdes dans le spermatophore achevé.

Que tous les petits faisceaux qui s'édifient séparément dans la colonie spermatique de la FIG. 173, s'assemblent, en prenant les uns par rapport aux autres la disposition qu'ont prise les spermatozoïdes eux-mêmes, et cette colonie se trouvera transformée en un spermatophore semblable à celui de la FIG. 239.

Il nous reste maintenant, pour achever la description du spermatophore, à donner quelques mots d'explication sur les autres figures qui s'y rapportent.

La FIG. 230 montre des spermatophores orientés de telle manière que chacun des spermatozoïdes qui le composent offre à la vue celle de ses faces que nous avons précédemment appelée face antérieure, c'est-à-dire la face sur laquelle proéminent les bras de l'ancre. C'est donc l'espace compris dans l'écartement de ces bras qui se présente à l'œil de l'observateur.

L'ensemble de tous les bras, *b*, appliqués l'un à l'autre à la façon que nous avons décrite plus haut, constitue donc une gouttière qui, dans

cette figure est ouverte en avant. Toutes les queues des spermatozoïdes, *g*, que l'on voit sur les côtés, s'élancent donc du dos de cette gouttière qui cache leur portion céphalique.

On voit à l'une des extrémités de ce tronçon un spermatozoïde détaché des autres : une courte portion de sa tête est ainsi devenue visible.

Tandis que les bords de la gouttière présentent une striation oblique, produite par les bras accolés, la partie qui en constitue le fond paraît au contraire formée d'une substance homogène, et ne laisse voir aucun détail de structure. Il y a donc dans ce spermatophore un axe solide. A la suite d'un examen superficiel de ce tronçon, on pourrait se demander s'il n'y a pas là un élément formé d'une substance étrangère aux spermatozoïdes, semblable à l'axe de soie du spermatophore des féronides. Il n'en est rien cependant. Cet axe homogène formant le fond de la gouttière, est constitué par les parties infléchies (FIG. 231) des spermatozoïdes, parties qui se sont soudées intimement l'une à l'autre. Les spermatophores qui présentent un axe homogène, nous devons le dire, sont rares; ordinairement cet axe porte des stries transversales parallèles, coïncidant avec les stries obliques des bords, et appartenant chacune à des spermatozoïdes différents. Ces parties, dans le spermatophore figuré, sont soudées et confondues, au point qu'il n'est plus possible de les résoudre, même avec l'objectif 1/18 à immersion homogène.

C'est cette soudure des spermatozoïdes qui donne à l'édifice du spermatophore sa solidité. Elle est très intime, nous venons de le voir, mais elle n'existe que sur une très faible surface; elle ne se produit, pensons nous, qu'entre la partie des spermatozoïdes qui est infléchie, partie que nous désignons par *i, f*, dans la vue du profil de la FIG. 231, et par *x, y*, dans la vue de face des FIG. 232 et 233.

On remarque dans ces FIG. 232 et 233 deux petites portions épaissies ou élargies, situées à la base des bras de l'ancre, en dehors des portions *x, y*; elles y sont désignées par les lettres *yγ* et *xγ*. Ce sont, nous paraît-il, ces portions — qui ne se soudent pas entre elles —, qui produisent dans le spermatophore entier ces petits traits transversaux que l'on remarque sur toute sa longueur, de chaque côté de l'axe homogène. Nous le répétons, tous ces détails sont très difficiles à résoudre et à interpréter. Le relief y est ordinairement peu apparent, et la transparence du segment procéphalique, ou de l'ancre, qui ne se colore pas par le vert de méthyle, n'est pas la moindre cause des difficultés que l'on éprouve à se figurer la disposition et la projection des diverses parties du spermatophore, et à démêler les

apparences qui se présentent à l'œil. Aussi, nous avons trouvé avantageux de colorer ces parties, en leur faisant subir l'action d'un réactif colorant des matières albuminoïdes. Nous avons employé à cet effet l'acide osmique iodé, réactif dont l'emploi est habituel dans notre laboratoire. Nous le préparons en ajoutant à la solution d'acide osmique à 2 ‰, une petite quantité d'une solution concentrée d'iode dans l'iodure de potassium. Cette solution a sur la solution ordinaire l'avantage de fixer énergiquement et de conserver les matériaux auxquels elle imprime une coloration très vive.

Certains débris de spermatophores que l'on trouve dans l'oviducte sont utiles pour se représenter l'agencement des spermatozoïdes. Ce sont des portions de la gouttière seule, débarrassées des filaments spermatiques qui s'attachent à son arête dorsale. La FIG. 234 en représente un exemple; elle montre un tronçon de gouttière vu par sa face convexe. On constate que la cavité de la gouttière est formée par l'ensemble des espaces qui séparent les bras des ancrs accolées.

On voit dans la FIG. 235 un tronçon semblable, mais dont les différentes pièces, qui constituent la gouttière, sont décollées et déjà séparées l'une de l'autre. Enfin dans les FIG. 232 et 233 on aperçoit directement de face, et non plus obliquement comme dans les FIG. 234 et 235, des ancrs isolées. Dans la FIG. 237 on a figuré un groupe de deux spermatozoïdes, résultant d'un spermatophore en destruction dans l'oviducte; ils ont la même disposition et sont vus de la même manière que celui qui est dessiné dans la FIG. 174, et qui représente un stade de l'édification du spermatophore observé chez le mâle. Dans la FIG. 236 nous donnons un exemple de spermatozoïde provenant aussi d'un spermatophore démonté. Ce spermatozoïde est encore complet, comme ceux qui sont figurés en *c*; mais les bras de l'ancre divergent plus fortement que dans les autres et s'incurvent davantage en dehors. De tels spermatozoïdes se rencontrent en grand nombre avec les autres débris des spermatophores. La coexistence de ces éléments avec des fragments de la gouttière, débarrassés des queues, nous met dans l'impossibilité de décider si la dissolution normale des spermatophores dans les organes femelles résulte de la simple séparation des spermatozoïdes, ou si elle est due à une fracture de chacun de ces éléments au niveau de la flexion *f*. Dans cette dernière hypothèse la présence de ces fragments de gouttière libres et assez longs, que l'on rencontre fréquemment dans l'oviducte serait normale. Notons que l'une et l'autre de ces altérations du spermatophore pourraient résulter des manipulations qu'on leur fait subir en les préparant.

Nous avons à citer une dernière apparence que nous avons eue plusieurs fois sous les yeux, et qui semble aller à l'encontre de l'interprétation que nous venons de donner de la structure du spermatophore. On trouve en effet certains fragments de spermatophores dans lesquels les spermatozoïdes vus de profil se présentent de deux manières différentes : les uns dirigent leur ancre d'une côté, les autres la dirigent dans une direction opposée (FIG. 238). A la vue d'un tel groupement, on se demande si l'on a sous les yeux un tronçon vu de profil, ou bien un tronçon vu de face. Dans cette dernière hypothèse, il faudrait que le spermatophore présentât deux gouttières, accolées l'une à l'autre par leur bord convexe, et dirigées en sens opposé, puisque les deux parois de la gouttière sont formées par les deux bras des ancres. Mais cette hypothèse est en opposition avec toutes les phases de la formation du spermatophore, ainsi qu'avec celles de sa dislocation dans l'oviducte.

On peut du reste se figurer qu'un spermatophore en voie de désagrégation, dans lequel les spermatozoïdes n'adhèrent plus l'un à l'autre, ait subi de la part de l'aiguille ou du scalpel une action légère ayant pour effet de faire tomber ces éléments les uns du côté gauche, les autres du côté droit.

Toutefois nous n'avons point d'opinion bien arrêtée sur l'interprétation qu'il faut donner à ces apparences; mais nous tenions à les mentionner, parce que nous savons qu'un fait inexplicé peut souvent prendre une importance imprévue dans l'étude d'un objet difficile, et mérite toujours d'être signalé.

En ce qui concerne la structure du spermatophore achevé des locustiens, notre manière de voir est donc d'accord avec l'explication qu'en a donnée VON SIEBOLD dans le remarquable travail que nous avons cité plus haut (1). Notons cependant que nous n'avons jamais vu les bras de l'ancre du spermatozoïde du *Decticus verrucivorus* porter à leur extrémité une petite portion infléchie vers l'axe, ainsi que le figure le savant professeur. Au contraire nous avons toujours vu ces extrémités s'incurver légèrement en dehors, FIG. 236. Quant à la disposition que prennent les spermatozoïdes chez le mâle lorsqu'ils s'associent en spermatophores, VON SIEBOLD ne l'explique pas nettement, et ses dessins, qui sont du reste fort insuffisants, ne nous en font pas saisir le mécanisme. Il n'a pas remarqué que c'est lorsqu'ils sont encore réunis en un faisceau que les spermatozoïdes, issus d'une colonie spermatique, se groupent en faisceaux secondaires à la manière que nous

(1) VON SIEBOLD. *Ueber die Sperm. d. Locustinen*, Tab. XIV, fig. 5. — Nov. Act. Vol. XXI.

avons décrite; il ne figure qu'un seul de ces derniers groupements et n'indique pas clairement les rapports de la disposition qu'il y donne aux spermatozoïdes avec celle qu'ils affectent dans le spermatophore achevé. Mais, nous le répétons, à part ces détails, nous admettons, au sujet de la structure des spermatophores, la manière de voir de VON SIEBOLD.

E. Hémiptères.

Nous avons étudié dans ce groupe les genres suivants : *Aphrophora*, *Hydrometra*, *Nepa* et *Notonecta*. Les phénomènes de la spermatogénèse y sont fort simples et présentent peu de particularités dignes d'être mentionnées.

Première étape.

Pas plus chez les hémiptères que dans les autres ordres, nous n'avons recherché les métrocytes primordiales. Nous avons rencontré de jeunes testicules chez l'*Aphrophora spumaria* et la *Nepa cinerea*. Ils contenaient de petites cellules uninucléées, dont la multiplication se faisait par segmentation binaire, comme chez beaucoup d'autres insectes. Si l'on examine le contenu de ces organes, à différents âges, on y voit les cellules multinucléées apparaître à un moment donné; celles-ci présentent ensuite toutes les phases de la formation endogène, et donnent naissance à des colonies semblables à celles des autres groupes (FIG. 217). La segmentation binaire se fait aussi dans ces colonies, comme partout ailleurs, et produit l'augmentation numérique des cellules qui les constituent.

Deuxième étape.

L'allongement des cellules spermatiques ne présente rien de particulier. Il est unipolaire au début, mais il devient souvent bipolaire vers la fin, comme c'est le cas chez la *Velia currens* dont les spermatozoïdes possèdent un segment procéphalique d'une longueur remarquable (FIG. 226).

Les différenciations internes comprennent, comme d'ordinaire, la transformation du noyau en tête et la formation d'un filament axial.

Les FIG. 218 à 225 montrent la formation de la tête chez l'*Aphrophora spumaria*. Le noyau de la cellule spermatique de la FIG. 218 n'a pas encore subi de modification; il contient un filament nucléinien assez gros

et formant une pelotte peu serrée. Dans la FIG. 219 on observe que ce filament se déroule un peu; de plus il paraît segmenté, et ses tronçons se rangent à la périphérie du noyau, où on les voit blottis contre la membrane. Ce mouvement de l'élément nucléinien a pour effet, ordinairement du moins, de produire au centre du noyau un espace vide, semblable à une vacuole. Il se produit peu après un phénomène que l'on observe presque toujours pendant la formation de la tête, c'est la fusion de tout l'élément nucléinien en une seule masse amorphe. Chez l'aphrophore cette fusion a généralement pour conséquence la formation d'une couche homogène, colorable par le vert de méthyle, qui demeure accolée à la membrane et entoure l'espace vide qui persiste (FIG. 223). En même temps survient l'allongement du noyau qui a pour résultat de faire passer le noyau de la forme sphérique à la forme d'un fuseau effilé aux deux bouts (FIG. 221 à 223), et enfin à celle d'une baguette cylindrique (FIG. 224 et 225). Si le noyau s'allonge, il est naturel que l'espace central vide prenne aussi une forme allongée; c'est ce que l'on voit dans la FIG. 223. Dans cette figure cet espace est réduit à une simple fente qui finira par s'oblitérer complètement. Au cours de l'allongement du noyau, il apparaît ordinairement chez l'aphrophore une petite vacuole antérieure, analogue à celle que nous avons étudiée chez les sauterelles. Ce fait se produit du reste chez beaucoup d'autres animaux; ils se produit également chez les insectes, bien que nous ayons omis à dessein d'en parler avant d'entamer le chapitre des orthoptères. Non plus que chez les sauterelles nous n'avons pu reconnaître si elle naît du noyau, ou si elle se forme dans le cytoplasma. La vacuole centrale ne paraît pas donner naissance à cette vacuole antérieure. En effet ces deux vacuoles coexistent ordinairement, ainsi qu'on le voit dans la FIG. 223, où elles ne communiquent pas l'une avec l'autre, mais demeurent séparées par une bande de substance homogène.

Le rôle de cette vacuole antérieure nous est moins bien connu que chez les sauterelles; il nous semble même qu'elle n'a qu'une existence passagère, et ne joue aucun rôle appréciable dans la formation du spermatozoïde. Sur des spermatozoïdes que nous avons extraits de la vésicule copulative d'une femelle, cette vacuole avait en effet disparu, et le segment procéphaïque n'était visible que sur un petit nombre d'entre eux, sous la forme d'une très courte portion incolore.

Notons que la vacuole centrale, bien que s'observant très communément, peut cependant faire défaut, ainsi que le montre la FIG. 222. Nous ne l'avons remarquée que dans le genre *Aphrophora*.

Le filament axial se forme, à la manière habituelle, dans le cytoplasma.

Élément jемelle.

Nous n'avons pas vu de noyau femelle chez l'*Aphrophora*. Loin de nous cependant la pensée d'affirmer qu'il n'existe pas; il pourrait fort bien rester caché dans le faisceau de spermatozoïdes, ou se résorber de bonne heure avant qu'il ait eu le temps de gagner la périphérie de la colonie. Rappelons que ce fait se produit souvent chez divers coléoptères et, entre autres, chez le *Geotrupes*.

Mais le noyau femelle existe chez d'autres hémiptères. La FIG. 226 le montre dans un faisceau de *Velia currens*. Chez cet insecte, il y en a tantôt un seul, tantôt plusieurs. Le protoplasme, ainsi qu'on le voit dans cette même figure, devient très abondant à la partie antérieure du faisceau.

Chez la *Notonecta glauca*, il y a toujours un grand nombre de noyaux femelles (FIG. 227).

Troisième étape.

Les dimensions des spermatozoïdes adultes des hémiptères sont variables dans de larges limites. Ceux des aphrophores, d'une part, et ceux des notonectes, de l'autre (FIG. 227), représentent à peu près les deux termes extrêmes de la grandeur qu'ils peuvent atteindre dans ce groupe. Ceux des *Velia* (FIG. 226) sont déjà d'une dimension considérable; ceux des *Nepa* sont également fort longs. Mais c'est la *Notonecta glauca* qui possède les spermatozoïdes les plus longs et les plus gros que nous connaissions, ils ont en effet un centimètre et demi de longueur; ceux des *Lithobius* peuvent seuls en être comparés sous le rapport de la taille.

En général, leur longueur est considérable dans tout le groupe des hydrocores. Leur épaisseur est grande aussi, mais elle varie; très souvent elle est moindre à l'extrémité céphalique que sur le reste de leur longueur; c'est ce que l'on remarque dans la FIG. 226. La FIG. 227 représente les énormes faisceaux de *Notonecta glauca*; elle ne montre que la partie où les spermatozoïdes deviennent très minces.

Nous n'avons point vu de spermatophores chez les hémiptères indigènes que nous avons étudiés. Les faisceaux de spermatozoïdes s'y désagrègent avant l'accouplement.

Mais il existe des spermatophores dans certaines espèces exotiques; c'est ainsi que DUJARDIN en figure un dans une cigale (*Tettigonia*), et LEYDIG, dans la *Cercopis spumaria*. N'ayant pas eu ces insectes à notre disposition, nous sommes forcé de renvoyer aux figures que ces auteurs en

ont données : elles sont malheureusement petites et peu démonstratives. Toutefois elles nous paraissent représenter des formations analogues aux spermatophores des *Helops* ou à ceux des *Decticus*.

F. Névroptères.

La première étape, dans cet ordre, ne présente que les phénomènes les plus communément observés chez les insectes, c'est-à-dire qu'une période de segmentation pure fait suite à une période où la formation endogène alterne avec la segmentation (*Panorpa*).

De même, la seconde étape n'offre pas d'intérêt particulier. La FIG. 214 montre que l'évolution de la cellule spermatique s'y fait suivant le mode le plus ordinaire. On y constate en effet les phénomènes suivants :

La cellule subit un étirement unipolaire;

L'élément nucléinien du noyau se fusionne;

Le noyau s'allonge ensuite en fuseau pour former la tête.

On y voit aussi qu'un filament axial s'élabore dans le cytoplasma.

Nous n'avons observé dans les insectes de cet ordre qu'un seul noyau femelle.

Chez la *Phryganea pilosa* les spermatozoïdes prennent ordinairement un arrangement particulier : ils se disposent en une boucle entourant le noyau femelle, FIG. 215. Dans cette figure le noyau femelle est déjà en voie de résorption.

Aucun névroptère ne nous a offert de spermatophores.

G. Hyménoptères.

Nos observations sur les insectes de cet ordre sont très incomplètes. Les mâles des hyménoptères sont en effet relativement rares dans les espèces de nos contrées et de plus, sur un assez grand nombre d'individus que nous avons sacrifiés, il s'en est trouvé fort peu dans lesquels la formation des spermatozoïdes ne fut presque achevée. Toutefois des observations faites longtemps avant d'entreprendre le présent travail, et dont nous n'avons pas pris de croquis, nous ont appris que les deux premières étapes y présentent des phénomènes normaux. Nous avons vu chez un *Pimpla manifestator* et chez une *Tenthredo*, des cellules multinucléées et des colonies ordinaires. Nous avons remarqué aussi des noyaux où la nucléine était fusionnée en une petite sphère, dans un faisceau dont le développement était en

retard sur ses congénères, chez l'*Amblyteles oratorius*. Ce fait nous permet de croire que la deuxième étape est normale aussi.

Les faisceaux de spermatozoïdes, chez les ichneumonides, ne se dissocient pas dans le mâle; ils subissent des phénomènes analogues à ceux que nous avons signalés chez le *Calosoma inquisitor*, p. 85. En effet les spermatozoïdes s'ordonnent régulièrement, et il se forme, à l'extrémité de leurs têtes, une petite pièce solide qui les emprisonne toutes. De même que chez certains coléoptères, c'est par une différenciation du protoplasme, resté libre dans le faisceau, que s'organise cette petite pièce qui transforme les faisceaux en spermatophores en bouquet. Cette pièce n'a pas ici la forme d'une mince nacelle, mais plutôt celle d'un petit culot massif (FIG. 228). Nous avons trouvé des spermatozoïdes en cet état, à l'intérieur de la femelle de deux ichneumonides.

III.

Arachnides.

Les trois étapes de l'élaboration du spermatozoïde présentent, dans toute la classe des arachnides, les mêmes phénomènes fondamentaux que chez les insectes. Aussi serons-nous bref dans la description des processus, dont nos figures représentent les phases principales; nous nous arrêterons seulement à l'explication de quelques détails qui donnent à ces phénomènes, dans certains ordres de cette classe, et entre autres chez les aranéides et les phalangides, un faciès tout différent de celui qu'elle affecte chez les insectes, ainsi qu'un simple coup d'œil jeté sur les FIG. 240 à 310 de notre planche VII, permettra au lecteur de le remarquer.

La méthode générale de préparation que nous avons indiquée p. 56, à propos des insectes, est aussi celle que nous avons appliquée aux éléments spermatiques des arachnides.

Première étape.

Chez les aranéides, aussi bien que chez les phalangides et les scorpionides, le contenu testiculaire, examiné au commencement de l'hiver, est formé de petites cellules uninucléées. Quelques mois plus tard, on peut observer que beaucoup de ces cellules ont augmenté de volume; c'est l'indice auquel on reconnaît celles d'entre elles qui vont entrer en activité pour produire les spermatozoïdes de la saison suivante. Ces cellules possèdent à ce moment, chez les aranéides et les phalangides, un noyau très volumineux, où le boyau nucléinien, gros et court, porte souvent des stries transversales, facilement discernables à l'aide de l'objectif 1/18 de ZEISS. La FIG. 240 représente une cellule de cette espèce provenant de la *Tetragnatha extensa*.

Nous n'avons pas vu les métrocytes présentant ces caractères subir la segmentation binaire, et nous pensons que, le plus souvent du moins, elles deviennent multinucléées dès leur entrée en activité, et donnent naissance sans tarder à des colonies de nouvelles métrocytes. Les FIG. 241, 242 et 243 montrent respectivement, chez la *Tetragnatha*, trois stades de la multiplication nucléaire qui se produit au sein de ces cellules; on remarque, dans ces

figures, que leurs noyaux sont d'autant moins volumineux qu'ils y existent en plus grand nombre : observation que nous avons déjà faite chez tous les insectes. Le filament nucléinien subit dans la même mesure une diminution d'épaisseur, mais d'autre part il devient plus long, et la pelote qu'il constitue est plus serrée. Il reste cependant toujours parfaitement distinct. C'est donc à tort que BLANC(1) attribue au noyau des cellules testiculaires un contenu granuleux. L'apparence granuleuse que présente cet élément est due à ce que les anses nucléiniennes, vues en coupe optique, peuvent être prises pour autant de granules arrondis. Si cet auteur eût appliqué le vert de méthyle à des matériaux bien traités, il n'eût pas manqué d'y reconnaître la structure filamenteuse si évidente de l'élément nucléinien.

BLANC dessine très exactement certains noyaux; les FIG. 9 c et 10 d, de sa planche V, représentent en effet une apparence que l'on observe très souvent : ce sont des noyaux dont les anses nucléiniennes sont disposées parallèlement. Vues par l'un des pôles du noyau, les anses présentent alors la disposition radiée qui est reproduite dans ces figures (2). Mais, chose étrange, BLANC considère les anses, qui pour lui sont des bâtonnets séparés, comme des corpuscules albuminoïdes, et il attribue leur formation à un phénomène de dégénérescence qui se produirait communément dans les testicules des phalangides. Il confond ces corps avec d'autres granules d'aspect semblable, qui apparaissent souvent dans le protoplasme des cellules testiculaires, et qui ne sont que des enclaves albuminoïdes. GROBBEN avait déjà signalé cette prétendue dégénérescence chez d'autres arthropodes. La confusion faite par ces deux auteurs entre des corps nucléiniens et des enclaves albuminoïdes montre, une fois de plus, que le vert de méthyle et les réactifs chimiques de la nucléine sont, à l'heure qu'il est, les seuls moyens qui permettent de marcher sûrement dans l'étude du noyau.

Le nombre de noyaux qui se forment dans les cellules multinucléées de cette première génération ne dépasse guère une douzaine, chez les aranéides et les phalangides, lorsque survient la division du protoplasme. Il en résulte que les premières colonies de métrocytes ne sont elles-mêmes composées que d'une douzaine de cellules, au moment de leur formation.

Les FIG. 259 et 244 représentent des colonies à ce stade chez la *Tegenaria atrica* et la *Tetragnatha extensa*.

(1) BLANC. LOC. cit.

(2) Voir J. B. CARNOY. *La cytodièrese chez les arthropodes*. PL. V, FIG. 165 et 198.

De même que chez les insectes, les cellules-filles, nées simultanément par voie endogène, ne tardent pas à proliférer elles-mêmes, et c'est généralement la segmentation binaire qui s'observe au début de leur entrée en activité (FIG. 245); ce qui revient à dire que la division du protoplasme y suit de près la division nucléaire. Mais bientôt les cellules multinucléées reparaisent. Le sort ultérieur de ces dernières est variable. Tantôt la division protoplasmique s'y opère et donne naissance à des colonies formées d'un nombre plus ou moins grand de cellules (FIG. 257). Celles-ci peuvent encore se multiplier par segmentation binaire et engendrer de petites cellules spermatiques uninucléées (FIG. 264 et 296), qui souvent de meurent unies en colonies.

Mais d'autres fois leur protoplasme ne se divise plus, et alors encore on voit les cellules spermatiques donner naissance à plusieurs spermatozoïdes (FIG. 253, 255, 267, 269, 270 à 274, 299).

Des phénomènes semblables s'observent chez les scorpions. Les FIG. 305, 306 et 307 représentent, chez le *Buthus occitanus*, trois stades du développement des métrocytes. La colonie à laquelle aboutit ce développement (FIG. 307) est encore une colonie de métrocytes. Les cellules qui constituent cette colonie se divisent, comme partout, par segmentation binaire, et donnent naissance à de nouvelles métrocytes qui à leur tour deviennent multinucléées (FIG. 308), puis engendrent par voie endogène des colonies de deuxième génération (FIG. 309). Celles-ci sont envahies plus tard par la segmentation binaire, et les cellules qui s'y forment par ce mode de division, sont des cellules spermatiques : c'est-à-dire que la colonie elle-même est une colonie spermatique qui va se transformer en un faisceau de spermatozoïdes.

Tous ces phénomènes nous les avons observés chez les insectes. La première étape, chez les arachnides, ne compte donc aucun fait important qui lui imprime un caractère bien nettement distinct, semblable par exemple à celui que lui donne, chez les chilopodes, l'absence de la formation endogène. Le seul trait que l'on puisse regarder comme caractéristique de la première étape dans cette classe, est peut-être la fréquence des cellules spermatiques multipares, c'est-à-dire des cellules qui donnent naissance à plusieurs spermatozoïdes.

En effet chez plusieurs araignées, telles que l'*Agelena* et la *Tegenaria*, les cellules spermatiques de cette espèce sont au moins aussi nombreuses que celles qui ne forment qu'un spermatozoïde (FIG. 265 et 266). En d'autres termes, il arrive très souvent dans ces espèces que la dernière division nu-

cléaire n'est pas suivie de la division protoplasmatique, et que par suite le spermatozoïde n'est pas le produit de la différenciation d'une cellule préalablement individualisée. Son individualisation n'est que la conséquence des différenciations nucléaires et protoplasmatiques qui lui donnent sa forme définitive. La première étape présente donc, dans ce cas, un phénomène de plasmodiérèse en moins que dans les cas ordinaires.

Deuxième étape.

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

C'est dans la *Tetragnatha extensa* que nous avons pu étudier ce phénomène de la manière la plus complète.

Les FIG. 249, 250 et 251 représentent des stades assez avancés de l'étirement que subissent les cellules spermatiques semblables à celle qui est dessinée dans la FIG. 246. Ces figures montrent que l'allongement est concomitant de l'extension d'un corps nucléinien, enroulé d'abord dans une cellule. Il se passe donc ici un phénomène analogue à celui qui a été décrit chez la *Libellula depressa*, seulement, au lieu d'être bipolaire, l'allongement ne se fait souvent que par un seul pôle (FIG. 249).

On voit dans les FIG. 250 et 251 que, pendant que l'étirement se poursuit, la membrane cellulaire se rapproche du corps nucléinien et finit par s'y appliquer; aussi la cellule entière prend-elle bientôt la forme d'un cordon aminci (FIG. 252).

Chez les autres aranéides nous n'avons pu suivre jusqu'au bout les transformations de la cellule spermatique; mais nous pensons qu'elles doivent être analogues à celles que nous venons de décrire. Nous avons en effet trouvé, chez une lycose, quelques spermatozoïdes dans l'état où nous les représentons dans les FIG. 286 et 287. Ce sont des corps analogues aux spermatozoïdes des *Tetragnatha*; ils n'en diffèrent que par la brièveté de leur queue, caractère fort peu important. Aussi est-il évident pour nous que la cellule spermatique, qui leur a donné naissance, a présenté les mêmes phénomènes que dans la *Tetragnatha*, animal d'ailleurs très voisin: elle s'est étirée et s'est transformée ainsi en un corps filamenteux.

Il est probable qu'il en est de même chez les autres aranéides dont la spermatogénèse est semblable à celle des lycoses.

Dans leur état actuel, nos observations sur les scorpionides présentent un hiatus. En effet, nous n'avons point suivi la transformation de la cellule

spermatique en spermatozoïde chez ces animaux; il nous manque donc un stade intermédiaire à ceux des FIG. 309 et 310. Toutefois l'analogie nous permet de penser que les spermatozoïdes des scorpions se forment de la même manière que ceux des insectes. En effet, tout ce que nous savons de l'évolution des éléments testiculaires est identique à ce que nous avons étudié chez les insectes; et les faisceaux de spermatozoïdes eux-mêmes, à part l'absence du noyau femelle, présentent la plus grande ressemblance avec ceux de certains coléoptères. Il est donc permis de croire que la cellule spermatique y subit aussi un allongement unipolaire.

II. *Différentiations internes.*

A. *Phénomènes qui ont pour siège le noyau.*

La tête du spermatozoïde, nous l'avons dit, est toujours pour nous la partie de cet élément qui dérive du noyau et se colore par le vert de méthyle. Quelque faible et rudimentaire que soit l'autre portion du spermatozoïde, celle qui ne se colore pas, nous l'appellerons queue, et même, en cas d'observation négative, nous la regarderons toujours comme une production du cytoplasma : comme la formation de la tête par le noyau, l'élaboration de la queue par le cytoplasma est un fait que l'induction nous permet de traduire en loi générale.

Aussi, avant d'avoir fait aucune recherche personnelle, avons-nous l'opinion que cette loi s'applique aussi aux aranéides. Nos observations n'ont fait que confirmer cette opinion.

La tête dérive donc du noyau de la cellule spermatique chez les arachnides comme chez les autres animaux. Nous pouvons le démontrer. En effet cet élément subit des modifications semblables à celles que nous avons signalées précédemment chez les insectes.

Chez les *Tetragnatha* (FIG. 247), ces modifications ressemblent à celles qui s'observent chez la *Libellula depressa* : on y voit en effet le boyau nucléaire de la cellule spermatique se dérouler, s'étendre et devenir la tête du spermatozoïde, sans qu'il se produise de fusion entre ses anses.

Dans la FIG. 246 on voit ce filament, encore contenu dans un noyau intact, s'épaissir un peu et former un peloton moins serré, comme s'il se raccourcissait en même temps.

Peu après une autre modification se manifeste dans les noyaux : la membrane disparaît. Ce phénomène est suivi immédiatement d'un

mouvement d'extension du filament nucléinien, qui semble se débander, et que l'on trouve bientôt plus démêlé encore et serpentant dans toute la masse de la cellule, ainsi qu'on peut le voir dans les FIG. 247 et 248. Plus tard, nous l'avons vu, la cellule spermatique s'allonge et sa membrane vient s'appliquer au filament devenu rectiligne, tandis que le protoplasme constitue, à l'une des extrémités de ce filament, un segment caudal qui reste incolore. Le spermatozoïde achevé présente donc une tête très longue formée par le filament nucléinien du noyau qui s'est déroulé. Telle est l'interprétation qu'il faut donner aux apparences que l'on a toujours sous les yeux, en grand nombre, dans les préparations des tétragnathes, et qui sont représentées dans les FIG. 246 à 255.

Mais on rencontre aussi d'autres images qui nous paraissent se rapporter à un mode un peu différent de la formation de la tête. Dans certaines cellules, que leurs faibles dimensions désignent comme étant des cellules spermatiques, on voit l'élément nucléinien se disposer, dans l'intérieur du noyau, en un anneau régulièrement circulaire (FIG. 257). Pour arriver à cette forme nouvelle, l'élément nucléinien a dû subir un phénomène que nous avons souvent signalé chez les insectes, la fusion de toutes ses anses en une seule masse compacte. Celle-ci, au lieu de former une sphérule, ainsi qu'il arrive le plus souvent chez les insectes et chez d'autres arachnides, s'est disposée en un anneau dont le centre est vide de nucléine.

Dans quelques cellules de la colonie dont nous parlons (FIG. 257), on peut remarquer que l'anneau nucléinien s'est brisé en un point, et que déjà les deux extrémités du cordon qu'il constitue chevauchent l'une sur l'autre. C'est le début de l'étirement de ce cordon qui se transforme peu-à-peu en filament grêle, pelotonné et semblable au boyau nucléinien que nous avons vu plus haut se dérouler sans avoir subi de fusion préalable. La membrane du noyau disparaît pendant la production de ces mouvements. Ce dernier mode de formation de la tête est moins fréquent que le premier.

Chez la plupart des autres aranéides, les phénomènes nucléaires présentent un caractère différent. Le noyau, dans lequel le vert de méthyle ne colorait précédemment que le boyau nucléinien, prend dans certaines cellules une coloration uniforme, puis son contenu se détache de sa membrane et se rétracte, laissant en dehors de lui un espace incolore. On aperçoit encore pendant un certain temps, dans cette masse colorée, des fragments du filament nucléinien, mais ces fragments finissent par disparaître, et la sphérule prend un aspect homogène. Elle continue à se rétracter et, à mesure que son volume diminue, la coloration que lui donne le vert de méthyle devient de plus en plus intense.

De la forme sphérique la masse rétractée passe à une forme ovoïde (FIG. 265, 270 et 271), puis en continuant à s'allonger (FIG. 272) elle constitue une petite tige cylindrique, effilée aux deux bouts et qui bientôt devient trop longue pour se loger dans le noyau en restant rectiligne; aussi s'incurve-t-elle par ses deux extrémités, prenant ainsi la disposition qu'on lui voit dans les FIG. 266, 267, 269, 273, 275, 276, 281, 283 et 285.

On remarquera, en comparant les FIG. 271 et 273, que la vésicule qui contient la masse nucléinienne fusionnée, et qui n'est autre que la membrane du noyau, subit une déformation: en effet, après s'être étirée et avoir pris la forme de fer-à-cheval, la masse nucléinienne semble agir comme un ressort qui cherche à se détendre et à dilater la vésicule en modifiant sa forme. Dans la FIG. 285 en *d*, un noyau présente à la vue le côté convexe du fer-à-cheval nucléinien qu'il contient; on constate que ce noyau, dans le sens transversal, n'est pas plus épais que le fer-à-cheval lui-même, et que sa membrane est accolée de toute part à ce dernier.

L'effort que ce corps exerce sur la membrane du noyau finit par l'emporter: à un moment donné cette membrane se rompt et le fer-à-cheval prend la forme d'un S. On le voit en cet état dans les FIG. 274 et 281 où des restes de la membrane nucléaire lui sont encore adhérents.

Tels sont les phénomènes principaux de la formation de la tête chez les aranéides. Nous les avons observés dans de nombreuses espèces, spécialement dans la *Tegenaria atrica*, l'*Agelena labyrinthica* et plusieurs espèces des genres *Clubiona*, *Lycosa* et *Epeira*.

Nous l'avons dit plus haut, bien que nos recherches sur les scorpions ne soient pas aussi complètes qu'on pourrait le désirer, nous pensons cependant qu'il s'y passe les mêmes phénomènes que chez les insectes. Que la tête du spermatozoïde dérive du noyau, c'est ce qui ne peut faire l'objet d'aucun doute: la portion antérieure du spermatozoïde, qui se colore intensément par le vert de méthyle, est certainement l'élément nucléinien de la cellule spermatique.

Rappelons ici que METSCHNIKOFF, parlant du noyau de la cellule spermatique chez les scorpions, dit qu'on y voit une partie centrale obscure et une partie périphérique claire; cette dernière disparaît, tandis que la portion centrale devient la tête. Cette description du savant russe est peu explicite, et dénuée d'interprétation cytologique, du moins pour autant que le résumé de DE LA VALETTE nous permet d'en juger. Néanmoins il est évident qu'elle a rapport à des phénomènes semblables à ceux qui ont pour siège la cellule spermatique des insectes. La masse centrale obscure, dont METSCHNIKOFF

n'indique pas la nature, c'est l'élément nucléinien fusionné; ainsi que nous l'avons vu, elle s'allonge pour constituer la tête du spermatozoïde. Quant à la partie périphérique claire, elle correspond à la fois à la membrane du noyau et à l'espace vide qui existe sous elle. METSCHNIKOFF se contente de dire que cette partie périphérique disparaît. Ceci n'est pas tout-à-fait exact. L'espace vide seul disparaît, mais en général la membrane nucléaire ne se résorbe pas; elle se rapproche de la masse nucléinienne jusqu'à s'y appliquer, et c'est ainsi que l'espace vide se réduit progressivement, puis s'évanouit. Quoiqu'il en soit, nous trouvons dans l'exposé de ces faits un argument en faveur de l'opinion que l'induction nous permettait d'adopter d'avance au sujet des scorpions.

Chez les phalangides, nous avons observé dans la cellule spermatique des phénomènes fort simples.

L'élément nucléinien, qui existe dans les plus jeunes cellules spermatiques sous la forme filamenteuse (FIG. 296), subit des modifications semblables à celles que nous avons décrites dans certaines cellules spermatiques de l'*Aphrophora* (FIG. 218), et surtout de la *Tetragnatha extensa* (FIG. 246).

Toutes les circonvolutions qui constituent la pelote nucléinienne dans la FIG. 296 se fusionnent en une seule masse amorphe qui prend la forme d'un anneau (FIG. 298). Cet anneau se colore par le vert de méthyle, mais assez faiblement, et sa coloration ne tranche pas vivement sur celle de l'espace vide central. Les autres matières colorantes donnent de mauvais résultats : la safranine, par exemple, au lieu de colorer l'anneau seul, communique à l'espace vide une coloration plus intense. Il arrive que cet anneau se brise, et qu'alors une portion en soit refoulée dans l'intérieur de la cavité centrale (FIG. 300).

Tandis que cet anneau se forme dans le noyau, la cellule spermatique diminue de volume : son protoplasme se réduit bientôt à une bordure étroite entourant le noyau et, plus tard, cette bordure elle-même tend à disparaître (FIG. 301). Le spermatozoïde semble alors n'être formé que par le noyau tout seul. Cependant ce n'est pas un noyau; c'est le produit de la différenciation d'une cellule tout entière, dont le protoplasme a paru se détruire entièrement. Nous disons *a paru*, car il n'est pas évident que ce protoplasme soit entièrement résorbé; peut-être s'est-il seulement condensé, tout en se fusionnant avec le noyau. Cette hypothèse est assez plausible, car chez d'autres animaux on le voit, sinon disparaître complètement comme chez les phalangides, du moins se réduire à fort peu de chose, ainsi que nous l'avons dit en parlant de la *Libellula depressa*.

D'après le résumé que nous avons donné, dans la partie historique de ce travail, des observations de BLANC sur la formation de la cellule spermatique, le lecteur a pu remarquer que si l'accord existe entre les observations de ce naturaliste et les nôtres, pour une partie de la première étape, nous nous séparons de lui pour ce qui a trait à la formation de la cellule spermatique, et en ce qui regarde la seconde étape tout entière. En effet, il nous semble que BLANC, après avoir bien décrit et interprété le mécanisme de la formation endogène dans les métrocytes, n'est plus aussi exact en décrivant la seconde série de phénomènes dont nous venons de parler. Il décrit un mode tout particulier de division nucléaire dans les cellules qu'il appelle sphères spermatiques, et qui sont les dernières métrocytes, c'est-à-dire celles qui vont former les cellules spermatiques. D'après lui, le noyau de ces cellules, à un moment donné, renferme un corps en forme de fer-à-cheval, dérivant de la fusion de toutes les granulations nucléaires. Ce fer-à-cheval se divise en quatre, six et huit portions qui, après la disparition de la membrane du noyau, s'entourent de protoplasme et deviennent les noyaux d'autant de petites cellules, les *cellules spermatozoïdes*. Cet étrange mode de division nucléaire n'a jamais été observé dans d'autres animaux et, pour notre part, nous ne sommes pas parvenu à découvrir ce fer-à-cheval chez les phalangides; nous y avons vu au contraire la caryocinèse ordinaire se produire dans des cellules remarquablement petites, qui devaient certainement en se divisant donner naissance à des cellules spermatiques, c'est-à-dire à des spermatozoïdes. Il est certain pour nous que les cellules, nées par voie endogène dans une métrocyte de dernière génération et qui constituent les colonies spermatiques, sont le siège de la segmentation binaire normale, comme chez les insectes et chez les autres arachnides, et que c'est par ce mode que les cellules spermatozoïdes prennent naissance.

Les FIG. 15, 16 et 17 de BLANC, nous sommes obligés de le dire, nous ne saurions les rapporter au développement normal des spermatozoïdes des phalangides; elles représentent d'après nous des éléments altérés par un mode de préparation dans lequel la fixation n'a pas été suffisamment soignée. Et en effet BLANC se sert beaucoup de sérums et même de salive; il emploie l'alcool comme agent fixateur, et colore par le carmin alcoolique: méthode qui nous paraît peu recommandable pour l'étude du noyau, surtout si l'on conserve ensuite les préparations dans le baume de canada ou la résine de dammar.

Les corps qu'il représente accolés à la membrane dans les FIG. 16 et 17 ne sont probablement que les coupes optiques des anses qui se dirigent

directement vers l'œil de l'observateur; et les prétendues cellules qui les contiennent ne sont autres que les volumineux noyaux des métrocytes. Quant au fer-à-cheval, c'est une apparence qui peut se présenter dans toute espèce de cellules, surtout quand on leur a fait subir l'action de l'eau, des serums ou des solutions basiques qui altèrent l'élément nucléinien, ainsi que nous nous en sommes assuré plus d'une fois.

C'est la seule explication que nous puissions donner des figures de BLANC.

B. *Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme.*

Nous n'avons pu suivre dans aucun aranéide la formation d'un filament axial. Chez les *Tetragnatha*, qui possèdent les plus longs spermatozoïdes parmi les aranéides, la queue n'est formée que par une accumulation de protoplasme se faisant, à la fin du développement, à l'une des extrémités du filament nucléinien. Celui-ci est long et grêle à ce moment, et souvent il présente à son extrémité postérieure une partie plus mince qui ne se colore pas. Cette portion ne représenterait-elle pas un rudiment de filament axial?... Chez les autres aranéides nous n'avons trouvé aucun vestige d'une formation semblable.

Il nous reste à dire un mot du sort des spermatozoïdes qui se forment dans les cellules spermatiques multipares.

De quels phénomènes le protoplasme d'une cellule renfermant deux ou quatre spermatozoïdes, deviendra-t-il le siège, avant la maturité de ces éléments?

Ce n'est pas chose facile que de trancher cette question.

Par l'examen de la FIG. 275 on pourrait se figurer que, d'après notre opinion, les cellules semblables se divisent en deux, puis en quatre ou en huit, c'est-à-dire en autant de cellules qu'elles renferment de spermatozoïdes. En effet cette figure marque un stade de la division : outre l'étranglement extérieur qui divise déjà la cellule en deux parties, contenant chacune deux spermatozoïdes, on y voit une plaque cellulaire semblable à celle qui se forme ordinairement pendant la caryocinèse des éléments testiculaires.

Pourtant il n'en est rien. Cet élément représente, d'après nous, une cellule qui avait subi déjà les premières phases de la segmentation binaire, lorsque tout-à-coup ses deux noyaux sont entrés en division, et ont donné naissance à quatre noyaux qui ont subi ensuite les phénomènes de la formation de la tête. Le développement de cette cellule a donc été monstrueux; nous n'avons du reste rencontré qu'une seule fois des cellules spermatiques de cette sorte.

Nous sommes porté à admettre que les spermatozoïdes, contenus à plusieurs dans une même cellule spermatique, doivent tôt ou tard se partager la substance de cette cellule, comme nous l'avons signalé chez les insectes pour des cas analogues, mais nous n'avons pas vu ce partage s'effectuer.

Nous n'avons rencontré de noyau femelle chez aucun arachnide.

Troisième étape.

Dans les aranéides les spermatozoïdes ont, en général, une queue fort courte. C'est chez les *Tetragnatha* (FIG. 252) et les *Chubiona* que cette portion est le plus développée. Chez certaines lycoses elle est au contraire très rudimentaire (FIG. 286 et 287). Il est remarquable que dans un autre groupe d'arachnides, les scorpionides, la queue prenne un développement beaucoup plus considérable (FIG. 310).

Nous ne connaissons pas la constitution des spermatozoïdes adultes des phalangides. Nous avons vu, il est vrai, les petits corps arrondis que BLANC considère comme des spermatozoïdes mûrs; mais il ne nous paraît pas certain que ces corps n'ont plus à subir de modification. Il est en général plus difficile chez les aranéides et les phalangides que chez les autres arthropodes de se procurer des spermatozoïdes dans leur état parfait. Peut-être ces éléments ne s'achèvent-ils que dans la femelle, du moins chez certaines espèces. Ainsi nous avons trouvé une fois dans le contenu du canal vaginal de la *Tegenaria atrica* des spermatozoïdes encore inachevés, et dont nous avons dessiné un exemple dans la FIG. 276. La tigelle nucléinienne y était encore renfermée dans la membrane du noyau entouré lui-même d'une mince enveloppe de protoplasme ordinaire.

Chez les scorpionides (*Buthus*), les spermatozoïdes sont toujours réunis en faisceaux serrés et bien ordonnés (FIG. 310). On trouve ces faisceaux dans les vésicules séminales du mâle. Nous les avons aussi rencontrés dans les organes femelles. En effet, ces faisceaux demeurent toujours contenus dans la membrane de la colonie spermatique qui leur a donné naissance; loin de se résorber, cette membrane s'épaissit pendant que les spermatozoïdes s'élaborent. On pourrait donc, à la rigueur, leur donner le nom de spermatophores, puisque leur membrane subit une modification qui la rend propre à retenir les spermatozoïdes pendant l'accouplement. Il faudrait alors les rapprocher des spermatophores en bouquet de certains coléoptères et de certains hyménoptères. Ces derniers ne sont après tout,

comme ceux des scorpions, que des colonies spermatiques consolidées par une formation particulière qui apparaît après l'achèvement des spermatozoïdes.

Le dernier terme de la différenciation des cellules spermatiques, que nous avons observé en quantité chez le mâle de ces animaux, est constitué par de petits corps lenticulaires dont nous représentons un exemple dans la FIG. 301. Ces corps ont 3μ de diamètre. Ce sont donc bien ceux que BLANC appelle spermatozoïdes, et qu'il figure dans les organes d'accouplement du mâle. Aussi ne sommes-nous point d'accord avec lui sur la structure de ces éléments. En effet dans les FIG. 19 et 23 il attribue à ces petites cellules un noyau lenticulaire formé d'une substance homogène, et dérivant de la segmentation du fer-à-cheval nucléinien de la cellule-mère. Le noyau est aplati, il vrai, mais il contient à la périphérie un corps annulaire et présente, au centre, non une lentille solide et homogène, mais un espace vide. C'est probablement cet espace vacuoleux du noyau qu'il regarde à tort comme le noyau tout entier du spermatozoïde.

Le vert de méthyle, qui est le seul réactif dans lequel on puisse avoir confiance pour l'étude du noyau, montre qu'il y a là une confusion, et l'étude que nous avons faite plus haut de la genèse de ces corps ne nous laisse point de doute à cet égard, du moins pour ce qui regarde le phalangide que nous avons examiné, et que nous pensons être le *Phalangium longipes*.

Mais il ne nous est pas prouvé que ce soit là l'état parfait des spermatozoïdes des phalangides. Il n'est pas impossible que ces corps subissent encore des modifications dans les organes femelles, et voici sur quoi nous nous basons pour émettre cette hypothèse. Nous avons rencontré souvent de très petites cellules, semblables aux cellules spermatozoïdes qui contenaient, au lieu d'un noyau lenticulaire et d'un corps nucléinien en forme d'anneau, une tigelle semblable à celles que nous représentons dans la FIG. 206 chez la *Libellula depressa*, et qui paraît n'être autre chose que l'anneau nucléinien brisé (FIG. 300) et détendu (FIG. 302 et 303). Peut-être ces éléments ne sont-ils point normaux; en effet un choc un peu rude du scalpel pourrait produire la rupture du noyau et la détente de l'anneau nucléinien. Mais on peut admettre aussi que les spermatozoïdes des phalangides subissent dans la femelle cette modification, et y prennent une forme filamenteuse rappelant celle du spermatozoïde de la *Libellula depressa*. Le stade que nous représentons dans la FIG. 303 est en effet très analogue à celui des FIG. 205 et 206 appartenant à cet insecte. Ce point demande donc de nouvelles recherches, et c'est chez la femelle qu'il faudrait les faire.

IV.

Crustacés.

A. Crustacés édriophthalmes,

Il n'est point de groupe où l'étude de la spermatogénèse présente autant d'intérêt, et en même temps autant de difficulté, que chez les crustacés édriophthalmes. Le processus général de la spermatogénèse s'y trouve en effet déguisé sous des modes inusités, et si irréguliers qu'il est parfois difficile de l'y reconnaître.

Ce n'est pas chose aisée que d'analyser les images étranges qui en représentent les phases, et de les rattacher toutes à un mode déterminé de l'évolution spermatogénétique.

La chose est d'autant plus malaisée que des obstacles matériels rendent la préparation des éléments spermatiques très délicate, et que les premiers stades de leur évolution, ceux-la même qui seraient les plus utiles à l'intelligence des autres, s'obtiennent difficilement même par les procédés les plus parfaits.

Ce fait, qui tient peut-être à la fragilité des éléments, contribue beaucoup à augmenter les labeurs de cette étude. Aussi n'avons-nous point la prétention d'avoir élucidé entièrement la spermatogénèse des édriophthalmes.

Dans ce chapitre, comme dans tous les précédents, nous présenterons au lecteur des figures montrant ce que nous avons observé, nous décrirons ces figures et nous nous bornerons ensuite à dire comment il convient, d'après nous, de les interpréter. Nous espérons que notre travail sera utile à ceux qui reprendront cette étude : quelques jalons plantés dans cette lande leur permettront peut-être de s'y orienter plus rapidement. Tel est le but que nous nous proposons en publiant les résultats de nos recherches dans leur état actuel.

Nous exposerons seulement ici les observations que nous avons faites parmi les isopodes sur diverses espèces d'*Oniscus*, surtout sur l'*Oniscus asellus* et sur l'*Asellus aquaticus*, et parmi les amphipodes, sur le *Gammarus pulex*.

Ce n'est qu'à certaines époques de l'année que l'on peut étudier la spermatogénèse avec fruit chez ces animaux. Chez l'*Oniscus asellus*, par exemple, c'est de juillet à novembre que l'on trouve le plus facilement des séries de stades se rapportant à la première étape ; chez l'*Asellus aquaticus* et le *Gammarus pulex*, c'est plutôt un peu plus tard, vers le mois de février.

Comme on le sait, l'appareil mâle de ces animaux est bilatéral; il présente ordinairement de chaque côté trois cœcums qui débouchent dans un canal commun et renflé. C'est dans les cœcums que s'effectuent les principaux phénomènes de la spermatogénèse. Le réservoir commun ne renferme que des spermatozoïdes achevés ou du moins très avancés dans leur développement.

Ces cœcums sont étroits et formés d'une membrane cuticulaire très solide; ils renferment les éléments spermatiques en formation, jetés pêle-mêle et entassés de manière à former une masse compacte. Aussi n'obtient-on pas de bons résultats en dissociant les cœcums eux-mêmes; il faut les vider, puis dissocier leur contenu. Du reste, voici comment nous opérons généralement. L'animal vivant est placé sur un porte-objets, au milieu d'une grosse goutte d'un liquide qui n'altère pas les cellules: le vert de méthyle, la solution de RIPART et PETIT modifiée, ou l'acétate d'urane en solution saturée et additionnée de vert de méthyle (1). Il est maintenu d'un côté par une pince qui le saisit à la partie antérieure du thorax, et de l'autre par un scalpel dont on appuie la lame sur le dernier segment thoracique. Ce segment est celui qui porte les orifices génitaux mâles. Si l'on écarte alors les deux instruments, on produit la rupture de la membrane qui unit le septième anneau au sixième, et le corps est divisé en deux tronçons; le tronçon postérieur entraîne à la fois le tube digestif tout entier et les deux appareils mâles que l'on trouve accolés à ce tube.

Nous sectionnons alors les cœcums à leur base et nous les plaçons au centre du porte-objets, nous enlevons tous les débris de l'animal, ainsi que la plus grande partie du liquide dont nous ne laissons que la quantité suffisante pour humecter le verre autour des cœcums. C'est dans ces conditions que nous vidons ces derniers. A cet effet nous fixons chacun d'eux au porte-objets, en appuyant une aiguille à dissection sur son extrémité effilée; puis nous passons légèrement deux ou trois fois le dos d'un fin scalpel sur toute leur longueur, de manière à en faire sortir le contenu. Celui-ci s'étale alors sur le verre et l'on peut le dissocier suffisamment sans lui faire subir de manipulation trop violente. Si l'on pratiquait cette opération dans un liquide, la masse qui sort du tube ne s'étalerait pas, elle se coagulerait en une masse plus solide et difficile à dissocier.

(1) L'acétate d'uranium, proposé récemment par SCHENK, nous a donné de bons résultats. Il a l'avantage sur bien d'autres agents fixateurs, de ne pas précipiter le vert de méthyle, et de fixer les cellules modérément, sans les contracter. Il a aussi la propriété, signalée par SCHENK, de diffuser assez facilement à travers les cuticules. Toutefois il est des enveloppes qui lui résistent aussi bien qu'aux autres réactifs; telle est, par exemple, la cuticule des rotateurs, ceux-ci peuvent en effet y vivre assez longtemps. Néanmoins ce réactif nous paraît destiné à rendre des services surtout dans l'étude des tissus des arthropodes.

Le vert de méthyle et parfois la safranine en solution dans l'eau faiblement alcoolisée nous ont donnés les meilleurs résultats comme réactifs colorants. Les carmins ne peuvent être appliqués avantageusement à cet objet.

Dans certains cas nous avons employé la méthode des coupes microtomiques, mais ce procédé nous a été de peu d'utilité. De même, nous avons retiré peu d'avantage de l'emploi des divers agents dissociateurs.

1° ISOPODES.

Première étape.

Les petites cellules qui sont représentées dans la FIG. 311 sont les éléments qui remplissent toujours la portion supérieure et amincie des cæcums testiculaires de l'*Oniscus asellus*. On peut sans peine les observer en place à travers la paroi des cæcums maintenus dans leur intégrité. Elles semblent constituer une masse de réserve, destinée à remplacer, par sa prolifération, les éléments qui s'organisent dans la partie inférieure du tube pour être ensuite évacués. Toutefois il n'est pas absolument évident que telle soit la formation de ces cellules. En effet nous en avons rarement constaté la division, et nous ignorons les rapports qu'elles affectent avec les éléments situés plus bas. C'est là du reste une question très difficile à résoudre, étant donné la composition du contenu testiculaire, situé un peu au dessous de la région de ces petites cellules. En effet ce contenu, traité comme nous l'avons dit, montre toujours, à côté d'éléments cellulaires dont nous n'avons pas à parler maintenant, une masse considérable de protoplasme, munie d'un grand nombre de noyaux. Ces noyaux sont ordinairement de forme allongée (FIG. 315); ils renferment un filament nucléinien très distinct et très gros (FIG. 315), qui est parfois brisé en fragments (FIG. 313). Leur membrane porte un reticulum que le nitrate d'argent rend nettement visible sous la forme d'un pointillé tapissant sa surface (1) (FIG. 315). On en voit souvent qui sont en division: la FIG. 313 en montre un exemple. Cette division se fait par simple étranglement. Dans toutes les préparations on rencontre de ces noyaux qui sont sortis de la masse de protoplasme, et qui tantôt sont complètement nus, tantôt sont encore entourés de quelques débris de protoplasme.

Il n'est pas possible de distinguer dans la masse protoplasmique qui contient tous ces noyaux la moindre trace de délimitation cellulaire. Mais,

(1) Voir J. B. CARNOY. *Biologie cellulaire*, p. 255.

étant donné le mode de préparation que nous avons indiqué plus haut, on pourrait se demander si les limites des cellules n'ont pas été détruites par la pression que le scalpel a fait subir à ces éléments en les exprimant du cæcum. Pour qu'une telle altération ait pu se produire, il faudrait que la couche périphérique de ces cellules fût d'une délicatesse extraordinaire; néanmoins nous avons voulu contrôler la chose en employant un autre mode de préparation : nous avons pratiqué des coupes longitudinales des cœcums. Ces coupes nous ont montré les noyaux en question accumulés surtout à la périphérie du tube, dans sa portion moyenne, et logés dans une masse protoplasmique indivise. L'axe du tube contenait des faisceaux de spermatozoïdes, auxquels étaient encore entremêlés des noyaux et du protoplasme. Ainsi, il y aurait dans les cœcums testiculaires des *Oniscus* une sorte de plasmodium contenant un grand nombre de noyaux, et entourant une masse centrale formée d'éléments spermatiques en formation. Ce fait est si étrange qu'on n'ose à peine l'accepter. Certains auteurs ont, il est vrai, signalé l'existence d'un plasmodium dans les ovaires des insectes et dans la glande génitale embryonnaire de certains animaux, mais leurs assertions ont été controuvées dans plusieurs cas, et aucune d'elles ne nous paraît bien authentique. Aussi, malgré les faits que nous avons sous les yeux dans l'*Oniscus asellus*, nous ne pouvons nous empêcher d'exprimer le désir que de nouvelles recherches viennent décider si cette constitution du contenu testiculaire est normale, ou si elle est due à une altération provenant des procédés opératoires. Il serait bon de choisir comme objets d'étude de jeunes individus, fraîchement éclos, et d'y suivre les modifications que subissent les cellules testiculaires pendant le développement de l'animal.

Outre les petites cellules de l'extrémité supérieure des cœcums, outre le plasmodium qui en remplit la partie moyenne, on trouve encore dans le testicule des oniscides d'autres éléments cellulaires très intéressants : ce sont d'énormes cellules, de configuration extérieure assez variée, et possédant un noyau très volumineux. Ces cellules constituent un des meilleurs objets que nous connaissions pour l'étude du protoplasme et du noyau : on y reconnaît sans peine le reticulum et l'enchylème granuleux du cytoplasme, et l'élément nucléinien du noyau y revêt une forme filamenteuse évidente (1). Ce dernier détail est surtout apparent sur les noyaux qui ont subi le contact de l'aiguille; il arrive souvent alors que la pelotte nucléinienne s'étire en un écheveau dont le fil est facile à suivre.

(1) Voir J. B. CARNOY. *Biologie cellulaire*, p. 196.

On trouve de temps en temps dans ces cellules des noyaux en division et, ici encore, c'est la division directe qui est mise en jeu. Ce mode paraît être général dans les noyaux les plus volumineux de tous les édirophthales; quant aux noyaux plus petits, ils se divisent souvent par caryocinèse dans beaucoup d'espèces. Mais chez les *Oniscus* nous n'avons rencontré qu'une seule fois ce mode dans une des petites cellules de la partie supérieure des cœcums (1).

Nous avons vu aussi de temps en temps le protoplasme des grandes cellules se diviser par étranglement.

Ces dernières n'existent que dans la portion commune du testicule où débouchent les trois cœcums; elles y sont disposées en épithélium contre la paroi du tube.

A la base des cœcums elles sont ordinairement moins grandes et passent insensiblement à d'autres éléments plus petits qui tapissent leur partie inférieure.

Ainsi que le montre la FIG. 312, on trouve souvent interposées des cellules plus petites, fusiformes ou arrondies, qui semblent en être nées par segmentation. Le fait de leur multiplication n'est du reste pas douteux; mais cette multiplication est peu active, et il est possible qu'elle soit seulement en rapport avec l'accroissement du tube testiculaire. Car ces volumineux éléments n'ont à notre avis aucun rapport avec les éléments spermatiques. En effet, ils n'existent qu'à un niveau de l'appareil testiculaire, où l'on ne trouve en toute saison que des faisceaux de spermatozoïdes très avancés; ceux-ci s'organisent plus haut dans les cœcums, au niveau du plasmodium, c'est-à-dire à un endroit où ces grandes cellules n'existent pas.

On ne peut donc, à l'exemple de HERMANN, considérer ces cellules comme les homologues des cellules ovulaires, ni par conséquent leur donner le nom d'ovules mâles; c'est plus haut, dans les cœcums, qu'il faut rechercher les cellules-mères des éléments spermatiques. Les grandes cellules dont nous parlons ont plutôt pour fonction de sécréter le plasma qui baigne les spermatozoïdes. Leur prolifération peu active et leur ressemblance avec les cellules de l'épithélium nous permettent de leur attribuer le rôle de cellules secrétantes.

Notons encore, comme se rapportant à la première étape chez l'*Oniscus*, des cellules multinucléées que l'on rencontre de temps en temps dans la partie moyenne des cœcums, et dont nous figurons deux exemples dans les FIG. 316 et 317. Nous y reviendrons en étudiant la deuxième étape.

(1) Voir plus loin le mémoire de J. B. CARNOY.

Chez l'*Asellus aquaticus* on trouve souvent les cœcums remplis par des cellules de dimensions très diverses, et se multipliant activement par caryocinèse. On n'y voit pas de noyaux libres ni de plasmodium.

Telles sont les données que nous possédons en ce moment sur la première étape. Pour ce qui regarde les oniscides nous nous contenterons du simple exposé de ces faits; ils sont trop incomplets pour que nous puissions nous livrer à aucune considération sur le mode de multiplication et de fonctionnement des métrocytes. Nous aimons mieux attendre de nouvelles observations positives que de nous livrer à des hypothèses basées sur des données insuffisantes.

Mais il est un fait qui se dégage d'une manière positive de nos observations : c'est que la formation endogène ne s'observe pas chez les édriophthalmes. Ce mode de multiplication, si normal chez les insectes et les arachnides, ne s'observe pas plus chez les édriophthalmes que chez les lithobies, et c'est là, à notre avis, ce qui caractérise la première étape chez ces animaux.

Deuxième étape.

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

Les FIG. 318 et 319 représentent des éléments que l'on rencontre fréquemment dans les préparations du contenu testiculaire de l'*Oniscus asellus*. Ces figures demandent quelques mots d'explication. On remarque dans chacune d'elles une tige centrale supportant à son extrémité supérieure six masses piriformes. La tige centrale est formée de protoplasme très granuleux, et d'aspect analogue à celui qui contient les noyaux multiples dans les cœcums. On n'y remarque pas d'enclaves; une membrane très mince l'entoure. Les six masses que supporte cette tige fragile sont formées d'un protoplasme présentant les mêmes caractères. Elles sont suspendues par un pédicule qui est assez épais dans la FIG. 318, et plus mince dans la FIG. 319. En outre, chacune d'elles contient un noyau vivement coloré par le vert de méthyle.

Ces noyaux, dans la FIG. 318, sont un peu allongés, mais ils possèdent encore la structure normale : ils ont une membrane bien nette et contiennent un filament nucléinien distinct, et dont les anses sont dirigées pour la plupart dans le sens de la longueur du noyau. Cette disposition donne au contenu de ces noyaux l'aspect d'un écheveau de fil.

Dans la FIG. 319 les noyaux ont subi quelques modifications : leur

allongement est plus marqué, du moins à leur extrémité supérieure qui se termine maintenant par un très mince filament, et le boyau nucléinien n'existe plus. Il s'est en effet passé dans ces noyaux un phénomène semblable à celui qui a été décrit précédemment chez divers arthropodes et, entre autres, chez les coléoptères. La pelotte de nucléine s'est dissoute dans le plasma nucléaire et le contenu du noyau ne constitue plus maintenant qu'une masse homogène, visqueuse, absorbant le vert de méthyle d'une manière uniforme, mais et avec moins d'intensité que les bâtonnets nucléiniens.

Les deux éléments que nous venons de décrire brièvement représentent une étape moyenne de la formation des spermatozoïdes; aussi l'étude de la deuxième étape chez les *Oniscus* se confond-elle avec l'histoire de ces éléments. Celle-ci peut se résumer dans les trois questions suivantes :

Quelle est l'origine de ces éléments et comment s'organisent-ils?

Quelle est leur signification morphologique?

De quels phénomènes ultérieurs deviennent-ils le siège?

La première étape nous étant peu connue chez les *Oniscus*, ainsi que nous l'avons dit, le lecteur ne trouvera pas étonnant que nous éprouvions de la difficulté à résoudre la première de ces questions. Pour comprendre les rapports des éléments dont nous parlons avec ceux qui remplissent la partie supérieure des cœcums, c'est-à-dire, soit avec les petites cellules de la FIG. 311, soit avec les noyaux et le protoplasme qui existent un peu plus bas, il serait nécessaire de posséder quelques notions sur le développement de ces cellules, ou sur l'évolution du plasmodium problématique et de ses noyaux. Or, en fait de stades intermédiaires entre les éléments de la partie supérieure et moyenne des cœcums et les grappes dont nous avons fait la description, nous n'en possédons qu'un seul : les cellules multinucléées. La FIG. 316 montre une cellule dont le noyau se divise par étranglement; ce stade précède évidemment celui de la FIG. 317 qui représente une grande cellule renfermant six noyaux. Ces éléments se rencontrent, nous devons le dire, assez rarement. Bien que leur origine ne nous soit pas parfaitement connue, nous pensons cependant qu'elle doit être rapportée aux petites cellules qui remplissent le sommet des cœcums. Leurs noyaux présentent en effet un facies analogue à celui qu'affectent ceux de ces petites métrocytes, tandis que les noyaux libres ont un aspect tout différent (FIG. 311 et 313).

La rareté relative de ces cellules multinucléées dans les préparations du testicule est un fait assez étrange, étant donnée l'abondance des éléments en grappe que nous considérons comme une phase subséquente de leur

développement. Cette rareté tient sans doute à la grande délicatesse de ces cellules. Mais elle pourrait bien être due aussi à certaines particularités de la division cellulaire. On rencontre souvent, en effet, des agglomérations de 3 à 6 noyaux réunis par des traces de protoplasme, mais ne constituant pas cependant des cellules multinucléées aussi nettement délimitées que celle qui est figurée. Ces noyaux groupés peuvent se rencontrer dans toute la partie moyenne et inférieure des cæcums, c'est-à-dire au niveau du plasmodium et des noyaux libres, mais ils ont un facies qui les distingue de ces derniers et qui leur imprime un cachet de ressemblance avec ceux des cellules multinucléées. Aussi peut-on croire que ces noyaux dérivent de la division d'un seul noyau primitif, et que ces amas sont les homologues des cellules multinucléées. Ce qui les distingue de ces dernières, c'est la faible quantité de protoplasme qui les contient, et l'absence d'une membrane cellulaire qui les entoure.

Mais ces particularités peuvent s'expliquer. En effet qu'une cellule, semblable à celles auxquelles nous rapportons l'origine de ces amas et des cellules multinucléées, devienne le siège d'une prolifération nucléaire sans que la masse de son protoplasme subisse une augmentation proportionnelle, il est clair que, dans cette hypothèse, la faible quantité de protoplasme de la cellule-mère pourra peut-être maintenir ces noyaux unis, mais ne pourra suffire à les enfermer complètement. Nous avons d'ailleurs observé un fait analogue chez divers insectes, et en particulier chez les orthoptères, où l'on rencontre des amas de noyaux semblables à ceux dont nous parlons. On ne peut expliquer autrement la formation de ces amas auxquels il ne manque qu'un peu de protoplasme et une membrane pour constituer des cellules individualisées. Nous considérons donc les cellules multinucléées et les amas de noyaux, qui sont leurs homologues, comme dérivant des petites cellules contenues dans la partie supérieure des cæcums et, de plus, nous voyons dans ces productions l'origine des éléments en grappe qui sont représentés dans les FIG. 318 et 319.

Ce dernier point nous ne pouvons le démontrer par des faits positifs, puisque les stades intermédiaires entre les deux espèces d'éléments nous font défaut. Néanmoins des motifs que nous croyons suffisants nous font adopter l'opinion que nous venons d'émettre, car, outre l'impossibilité dans laquelle nous nous trouvons d'assigner aux éléments en grappe une autre origine, nous pensons que l'induction et l'analogie rendent légitime cette manière de voir.

N'est-il pas vraisemblable d'admettre que les masses piriformes ren-

fermant chacune un noyau, et que l'on voit dans la FIG. 318 suspendues à une tige de protoplasme, ne sont que des protubérances qui sont nées sur une cellule multinucléée? Ne sont-elles pas analogues aux protubérances que portent les spermatoblastes des annélides, des gastéropodes, des trématodes surtout et de bien d'autres animaux? Comme ces dernières elles renferment un noyau, et, nous le verrons bientôt, elles doivent dans la suite subir des phénomènes comparables à ceux dont ces protubérances deviennent le siège. Nous pouvons donc admettre que les masses piriformes sont sorties du corps d'une cellule multinucléée comme les protubérances des spermatoblastes du type à culs-de-sac; à l'instar de ces dernières, chacune d'elles loge un noyau destiné à devenir la tête d'un spermatozoïde.

Il n'est pas douteux que les amas de noyaux dont nous avons parlé puissent présenter ces phénomènes aussi bien que les autres cellules multinucléées dont ils diffèrent si peu. La faible quantité de protoplasme qu'ils renferment devra donc s'accroître beaucoup, pour constituer à la fois les protubérances piriformes qui logent les noyaux et la tige centrale, ou le corps de la cellule. Une semblable augmentation n'a rien d'étonnant; elle se produit en effet très souvent pendant le développement des éléments spermatiques de beaucoup d'animaux. Nos figures en représentent plusieurs cas, entre autres chez les myriapodes.

Si cette manière de voir est juste, les éléments en grappe ont donc la valeur d'une cellule, ce sont des métrocytes ou, si l'on veut, des spermatoblastes comparables à ceux des lombrics. Chacune des masses piriformes est donc l'homologue des protubérances spermatiques de ces spermatoblastes; nous verrons cependant qu'elles en diffèrent par quelques détails.

Telles sont, d'après nous, l'origine et la signification des éléments en grappe.

Pour résoudre la dernière des trois questions que nous nous sommes posées précédemment, celle de l'histoire ultérieure de ces éléments, nous disposons d'un certain nombre de faits que nous mettons sous les yeux du lecteur dans les FIG. 320 à 324 de notre PL. VIII. Nous parlerons d'abord du phénomène extérieur, du changement de forme de la cellule spermatique: question qui fait l'objet formel de ce paragraphe, mais que nous ne pouvons entamer qu'après avoir discuté l'origine et la signification des éléments en grappe.

Spécifions d'abord ce que nous considérons ici comme la cellule spermatique.

Nous l'avons dit au début de ce travail, les protubérances des sperma-

toblastes à formation exogène, tels que ceux des lombrics, sont les homologues des cellules spermatiques des insectes et des arachnides. Or, nous venons de rapprocher les protubérances en forme de massue, qui forment les grappes de l'*Oniscus*, de ces mêmes cellules spermatiques exogènes. C'est donc les changements de forme que présentent ces masses que nous devrions étudier sous cette rubrique. Mais nous avons dit que ces masses diffèrent de leurs homologues par certains détails. La principale différence est la suivante. Tandis que dans la métrocyte à formation exogène proprement dite les spermatozoïdes se forment presque tout entiers aux dépens des protubérances seules, et que le corps de la cellule ne prend qu'une faible part à leur organisation, chez l'*Oniscus* au contraire la tige centrale des éléments en grappe, c'est-à-dire le corps de la métrocyte, prend une part considérable à leur formation. Elle doit se diviser en autant de portions qu'il y a de protubérances, c'est-à-dire en six; car tel est leur nombre ordinaire et il est rare que la tige centrale en porte sept ou huit. Chacune des six parties du corps de la métrocyte devient une portion importante du spermatozoïde, et correspond à la queue des spermatozoïdes ordinaires. Cette partie du spermatozoïde se découpe dans le protoplasme par un phénomène de différenciation interne; sa formation ne doit par conséquent pas être étudiée dans ce paragraphe. La portion saillante qui loge le noyau doit seule être envisagée au point de vue du changement de forme de la cellule spermatique.

Or, on le voit dans la FIG. 320, le changement que cette portion subit dans sa forme se réduit à un étirement. De la forme d'une massue qu'elle affecte dans la FIG. 319, elle a passé à celle d'un cordon à contours irrégulièrement ondulés. Ce changement est connexe de modifications qui surviennent dans le noyau et que nous examinerons plus loin. On observe dans la FIG. 327 que cet étirement s'est accentué au point de transformer les massues en véritables flagellums. Ainsi que le montre la FIG. 321, l'extrémité libre des portions étirées demeure parfois pendant longtemps renflée et formée d'une masse de protoplasme vacuoleux. Plus tard cette portion s'amincit, puis elle se résorbe complètement.

Les FIG. 323 à 326 se rapportent à un mode légèrement différent de l'évolution des protubérances. On y observe que, à mesure qu'elles se transforment en un mince cordon, ces portions des spermatozoïdes se rapprochent du corps de la cellule et y rentrent tout-à-fait. Les masses terminales renflées se voient encore appliquées sur le corps de la métrocyte et, dans la FIG. 324, elles commencent elles-mêmes à s'atrophier. Dans la FIG. 326, qui représente un stade plus avancé, il n'en reste plus de trace.

Cette rentrée des flagellums dans l'intérieur de la cellule se produit dans tous les cas, mais très souvent elle n'a lieu que beaucoup plus tard, au moment où la différenciation du corps de la cellule est déjà poussée fort loin. Ce phénomène se produira dans les éléments qui sont représentés dans les FIG. 329 et 330.

On observe chez l'*Asellus aquaticus* des phénomènes semblables à ceux que nous venons de décrire. Les FIG. 331 à 334 représentent des grappes analogues à celles de l'*Oniscus asellus*. On y voit, comme dans cette espèce, une tige centrale supportant des sphérules de protoplasme qui contiennent chacune un noyau. Le lecteur remarquera que ces éléments en grappe diffèrent de ceux des *Oniscus* par certains détails. En effet les protubérances qu'ils portent sont bien plus nombreuses, et moins détachées du corps de la cellule; en outre ce dernier contient un énorme noyau qui est évidemment un noyau femelle.

Nous n'avons pu jusqu'à ce jour déterminer l'origine des noyaux spermatisques, ni celle du noyau femelle. Mais il nous paraît évident qu'ils ont une origine commune; en effet ces colonies dérivent certainement des cellules qui remplissent la partie supérieure des cæcums.

Celles-ci se comportent sans doute comme les jeunes spermatoblastes des annélides: elles deviennent multinucléées et leurs noyaux se logent dans des protubérances plus ou moins marquées. Là, ces noyaux se multiplient encore, car nous les avons vus subir la caryocinèse dans des colonies semblables à celle de la FIG. 331. Les protubérances se comportent comme chez les *Oniscus*. Dans les FIG. 331, 332 et 333 les noyaux sont encore appliqués sur le corps de la cellule; dans la FIG. 331 ils sont même contenus dans une masse de protoplasme encore indivise. On les voit déjà plus détachés dans la FIG. 333, où les protubérances avec leurs noyaux commencent à s'étirer. La FIG. 334 représente un stade plus avancé de ce phénomène qui, on le remarquera, se produit d'après un mode que nous avons signalé chez l'*Oniscus*, et dont les FIG. 323 et 324 représentent diverses phases. Le cordon résultant de l'étirement du noyau et du protoplasme des protubérances rentre immédiatement dans le corps de la métrocyte.

Toutefois les flagellums de l'*Asellus* ne rentrent pas complètement dans le corps de la colonie comme ceux de l'*Oniscus*. Il reste en effet, à leur extrémité libre, une masse formée par le protoplasme de la protubérance et par les débris du noyau. Tandis que chez l'*Oniscus* ce protoplasme et ces restes s'atrophient et disparaissent complètement, chez l'*Asellus* ils persistent et se développent même, il s'y fait un dépôt d'une substance albuminoïde très

réfringente. Cette portion terminale devient ordinairement piriforme (FIG. 336, puis fusiforme (FIG. 335). On la retrouve sous cette dernière configuration dans la portion inférieure des canaux déférents, c'est-à-dire en un point où les spermatozoïdes peuvent être considérés comme achevés.

II. Différentiations internes.

A. Phénomènes qui ont pour siège le noyau.

En décrivant les FIG. 318 et 319 qui appartiennent à l'*Oniscus asellus*, nous avons vu que le noyau des protubérances spermatiques s'allonge et que, dans certains cas dont l'un est représenté dans la FIG. 319, il subit de bonne heure une modification interne qui consiste dans la dissolution de l'élément nucléinien. D'autres fois cette modification ne se produit que plus tard. C'est ainsi que, dans la FIG. 320, ces mêmes noyaux sont beaucoup plus allongés et possèdent encore néanmoins un faisceau de filaments nucléiniens. Mais tôt ou tard ces filaments cessent d'être visibles, et l'élément nucléinien finit toujours par constituer un simple cordon homogène. C'est dans cet état qu'il est représenté dans la FIG. 327 en *n*. Les filaments que l'on voit dans cette figure, suspendus comme des fouets au corps de la colonie dont nous verrons bientôt la constitution, ne présentent en effet aucune structure interne apparente. Chacun d'eux est le produit de la transformation d'une des masses piriformes que nous avons décrites. Cependant, au stade de cette figure, les fouets se colorent uniformément sous l'action des réactifs de la nucléine, comme s'ils n'étaient que des boyaux nucléiniens ordinaires et semblables à celui qui est pelotonné dans le noyau des cellules du canal déférent. On n'y remarque plus aucune portion qui demeure incolore, et qui représenterait un reste du protoplasme des protubérances spermatiques. Ce protoplasme s'est-il donc résorbé entièrement? C'est bien là ce qui ressort des apparences; mais il se peut cependant que, sans se résorber, il ait cessé d'être distinct du filament nucléinien parce que, tout en subissant une condensation considérable, il s'est fusionné intimement avec ce dernier et est entré dans sa constitution. En effet les flagellums, à ce stade, possèdent un calibre un peu plus fort que celui du filament étiré que l'on voit encore distinctement dans la FIG. 321. Il semble d'après cette remarque que la substance protoplasmique qui, dans cette figure constitue une gaine incolore au filament, s'ajoute plus tard à ce filament ou du moins s'y applique assez intimement pour qu'un effet de réfraction lui communique la même coloration.

Cette hypothèse est basée sur les résultats que l'on obtient en traitant ces flagellums par les dissolvants de la nucléine. Soumis à l'action du carbonate de potassium en solution concentrée ou de l'acide chlorhydrique fort, pendant quelques jours, ces filaments deviennent scalariformes; la dissolution de la nucléine permet d'y distinguer un squelette formé de petites loges qui communiquent entre elles, et qui précédemment étaient remplies par cette substance. Si l'on prolonge l'action du réactif, les filaments deviennent moniliformes : ce qui résulte d'une retrait ou d'une contraction du squelette plastinien entre les logettes. Cet étui paraît être trop épais pour résulter de la différenciation du caryoplasma tout seul; c'est pourquoi nous pensons que le cytoplasma des masses piriformes n'est pas entièrement résorbé, mais qu'il entre dans la constitution des flagellums.

La FIG. 322 montre que l'allongement du noyau n'est pas toujours exactement concomitant de l'étirement des protubérances spermatiques, mais qu'il peut le précéder. En effet les protubérances peu développées de cette colonie contiennent déjà un filament semblable aux flagellums de la FIG. 327. On se demande à la vue de cette figure si ce filament est autre chose que le boyau nucléinien des noyaux, qui se serait seulement déroulé sans subir de fusion ni de dissolution. Cette hypothèse n'a rien d'in vraisemblable, mais aucun stade antérieur de ce déroulement ne s'est présenté à nos regards. Nous ne pouvons donc affirmer que ce mode de formation du flagellum se produise réellement. Notons du reste que les éléments nucléiniens de cette figure sont notablement plus gros que le filament contenu dans les noyaux des corps en grappe (FIG. 318). Si ces éléments représentent le filament nucléinien du noyau, il faut qu'il se soit épaissi et raccourci notablement en se déroulant. Un semblable changement dans les dimensions du boyau nucléinien s'observe communément dans toutes sortes de cellules. Mais, nous le répétons, aucun fait démonstratif ne prouve que le filament colorable de la FIG. 322 n'est pas le produit de la métamorphose d'un noyau tout entier et qui, pour s'être produite avant que l'étirement des masses piriformes soit bien accentué, n'en serait pas moins identique à celle qui se manifeste dans les cas ordinaires (FIG. 318).

Chez l'*Asellus aquaticus* les phénomènes de différenciation nucléaire, bien qu'étant essentiellement les mêmes que chez les *Oniscus*, revêtent pourtant un facies tout différent. On peut s'en convaincre en examinant les FIG. 331, 332, 333 et 334.

La première de ces figures montre des noyaux encore intacts, et ren-

fermant un filament nucléinien assez lâchement pelotonné. Rien n'y indique leur prochaine métamorphose. Dans la FIG. 332 une modification apparaît dans leur structure interne : le filament nucléinien y est blotti contre la membrane et paraît lui être intimement accolé. Il semble même s'écraser et s'aplatir contre la membrane. Un objectif à immersion homogène est nécessaire pour en déceler l'existence, car avec des instruments moins parfaits on dirait que ces noyaux ne contiennent plus de nucléine, qu'ils possèdent seulement une membrane épaisse et se colorant un peu par le vert de méthyle. Ce fil nucléinien si mince, et affectant des rapports si intimes avec la membrane, est très difficile à voir de face, ce n'est que sur la coupe optique des noyaux qu'on peut le saisir.

Ajoutons cependant qu'on voit de temps en temps quelque bâtonnet ou quelque granule nucléinien gisant dans l'espace central.

La structure interne des noyaux est la même dans la FIG. 333, mais quelques-uns d'entre eux présentent déjà les premières phases de la formation des flagellums; ils sont devenus piriformes, et, de leur extrémité amincie, sort un filament coloré par le vert de méthyle. Il n'est pas facile de découvrir les rapports de ce filament avec le boyau nucléinien qui est accolé à la face interne de la membrane nucléaire. Il sort du noyau comme les fils de soie sortent des acini des glandes filières chez les araignées, avec cette différence toutefois que ces acini sont pleins de soie, tandis que nos noyaux présentent un espace central vide.

Peut-être ce cordon qui sort du noyau n'est-il que le filament nucléinien qui se déroule à mesure qu'il est étiré vers l'extérieur. Notons cependant que ce filament est plus gros que celui qui est accolé à la membrane; ce fait indique ou bien que ce dernier s'épaissit en se dégageant, ou bien que le filament qui sort du noyau est formé de la fusion de plusieurs portions du boyau nucléinien, hypothèses que nous avons déjà émises à propos des *Oniscus*.

Quoi qu'il en soit, un fait nous paraît certain, c'est que seul le contenu du noyau concourt à former le flagellum colorable, la membrane nucléaire n'y prend point part. Dans la FIG. 321 on voit les flagellums déjà bien formés sur une grande longueur. Leur extrémité inférieure flotte dans un espace vide, qui correspond à la cavité nucléaire mal délimitée par les débris de la membrane du noyau en voie de résorption.

Ainsi que nous l'avons vu, les restes déchiquetés du noyau et du protoplasme des protubérances, au lieu de s'atrophier, subissent chez l'*Asellus* un

travail de rénovation; ils forment la masse terminale des flagellums qui passe peu à peu de la forme d'une massue à celle d'un fuseau (FIG. 335 et 336). Cette portion constituée par des lambeaux de protoplasme renfermant une ou plusieurs vacuoles se consolide, prend des contours nets, et se charge d'une substance albuminoïde brillante qui possède des caractères microchimiques particuliers : elle absorbe avec intensité la safranine, elle reste au contraire incolore dans le vert de méthyle; l'acide osmique lui communique rapidement une coloration brune.

Les flagellums des *Oniscus* s'accroissent beaucoup après avoir revêtu leur forme définitive; c'est ce dont on peut s'assurer en comparant les FIG. 329 et 330. Après leur rentrée dans l'intérieur du faisceau, ils peuvent devenir encore deux fois aussi longs qu'ils le sont dans la FIG. 330. Le même fait se constate, mais à un degré moindre, chez l'*Asellus*.

Toutes ces modifications morphologiques du noyau sont d'une observation délicate et difficile, car des apparences contradictoires se présentent successivement aux regards de celui qui cherche à en élucider les détails, et à en comprendre les processus. Aussi est-il de toute nécessité, dans leur étude, de faire usage des meilleurs objectifs à immersion homogène, et de n'user que de matériaux bien fixés et bien colorés.

Outre les différenciations morphologiques que nous venons d'étudier, le noyau des protubérances ou — ce qui revient au même — des cellules spermatiques subit encore des différenciations dans sa constitution chimique. Ces modifications nous sont révélées par l'action de la safranine. Tandis que les noyaux de toutes les cellules non différenciées prennent, sous l'influence de ce corps dissous dans l'eau additionné d'un peu d'alcool, une coloration d'un rouge vif, les flagellums prennent au contraire une coloration cuivrée toute différente. Certains noyaux acquièrent déjà cette teinte particulière alors qu'ils ont encore la forme d'une massue (FIG. 318); mais tel n'est pas le cas de tous les éléments de cet âge, la différence de coloration ne se produisant en général qu'à vers le stade de la FIG. 320. A quoi faut-il attribuer cette différence d'action de la safranine? Nous croyons qu'elle est due à l'augmentation progressive de la plastine dans la paroi du flagellum. Nous avons dit plus haut, en effet, que le protoplasme des protubérances semblait se porter sur l'étui primitif, pour l'épaissir en se transformant lui-même en plastine. Or, la safranine imprime à cette substance une nuance particulière, différente de celle qu'elle communique à la nucléine; de là le changement que l'on observe dans la coloration du flagellum lorsque la plastine prédomine. Le vert de méthyle donne indifféremment la même coloration à tous

les éléments nucléinien. La raison en est que ce réactif ne colore pas la plastine, la nucléine y conserve donc toujours la même teinte.

B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme.

Le protoplasme du spermatoblaste, c'est-à-dire de la métrocyte qui engendre les cellules spermatozoïdes, ne présente, dans les premiers stades que nous avons décrits et qui sont représentés dans les FIG. 318, 319, 321 et 322, aucune différenciation interne; la tige médiane est formée d'une masse réticulée et granuleuse ne contenant ni enclaves ni aucune production figurée. C'est dans cette masse que se perdent les extrémités effilées des noyaux qui commencent à s'étirer pour former le flagellum.

Mais un peu plus tard cette masse plasmatique subit un travail de différenciation interne, semblable à celui que nous avons étudié précédemment dans la formation du filament axial des spermatozoïdes chez les myriapodes et les insectes. On y voit se développer des filaments parallèles en nombre égal à celui des noyaux. Ces filaments sont d'abord minces, et se détachent assez faiblement de la masse de protoplasme dans laquelle ils se découpent. Mais bientôt ils se consolident en s'épaississant et l'on voit, à mesure qu'ils s'achèvent, le protoplasme non différencié disparaître comme s'il était utilisé presque tout entier dans leur formation. On aperçoit ces queues à l'intérieur du protoplasme dans les FIG. 320, 323, 325 et 326. Dans les FIG. 325 et 326 qui représentent des colonies brisées, on en voit les extrémités sortir du corps de la cellule. Les filaments prennent de bonne heure de la rigidité et deviennent cassants. On peut s'assurer cependant qu'ils possèdent, surtout lorsqu'ils sont un peu plus développés, une élasticité très grande.

Tandis que ces filaments élastiques s'achèvent, l'extrémité interne du flagellum entre en rapport avec eux. Elle s'y fixe vers le haut, de sorte que le spermatozoïde achevé a la forme d'un fouet dont le filament élastique représente le manche, tandis que le flagellum nucléinien en constitue le fouet proprement dit.

Nous n'avons pu décider si l'insertion du flagellum se fait à l'extrémité même du manche incolore, ou si elle se fait un peu plus bas. Certains faisceaux, tels que celui de la FIG. 326, montrent que les hampes dépassent d'une certaine longueur l'extrémité supérieure des flagellums; de plus toute la partie du faisceau qui est située au-dessus de l'extrémité des flagellums colorés est un peu amincie. N'est-ce pas cette portion qui va devenir en s'atrophiant le filet terminal du faisceau que l'on voit dans les FIG. 327 à 330? Certains de ces filets présentent en effet à leur base des stries

parallèles et minces qui pourraient bien être les portions inférieures des hampes; s'il en était ainsi les flagellums s'inséreraient assez loin de l'extrémité. Mais, par suite de l'atrophie de la portion supérieure, leur insertion pourrait bien se trouver ramenée à l'extrémité de la hampe, et c'est ce que semblent indiquer les boucles que l'on remarque très souvent dans la portion un peu renflée des faisceaux achevés (FIG. 328), sans qu'il soit possible de distinguer nettement leur disposition.

Outre la formation des hampes, ou queues des spermatozoïdes, il se passe encore dans le protoplasme de la colonie d'autres phénomènes de différenciation interne.

Nous avons dit que ce protoplasme s'évanouit à mesure que les hampes s'achèvent; cependant il n'est pas entièrement absorbé par elles. Une partie sert à former une membrane résistante qui enserre les spermatozoïdes comme dans une gaine. Cette membrane, sur les faisceaux achevés, n'est guère distincte qu'à la partie supérieure, au niveau des boucles (FIG. 328, *m*). Plus bas, on ne l'aperçoit plus; les hampes y paraissent incluses dans une substance solide et homogène.

Des différenciations analogues se passent dans le protoplasme des colonies de *Asellus aquaticus*, seulement les hampes y sont plus nombreuses et plus minces (FIG. 335). De plus, elles ne sont pas reliées aussi solidement entre elles; on en voit très souvent qui s'écartent du faisceau. Enfin chez *Asellus* la masse considérable de protoplasme qui contient le noyau femelle n'est pas utilisée tout entière pour la formation des hampes; cette masse, qui depuis le début des différenciations que nous avons étudiées n'avait fait que s'accroître, organise bien les hampes comme chez *Oniscus*, mais elle paraît avoir encore un autre rôle à jouer, car elle se détache presque tout entière du faisceau après l'achèvement de ces productions.

Noyau femelle.

Chez *Oniscus asellus* les éléments en grappe, ou colonies spermatiques, (FIG. 318 et 319), ne contiennent pas de noyau que l'on puisse considérer comme un noyau femelle. Les noyaux qui sont logés dans les protubérances se transforment tous en flagellums, aucun d'eux n'est le noyau femelle. Si l'évolution des éléments spermatiques chez cet animal comprend la formation d'un noyau femelle, il faut que celui-ci se sépare des colonies avant le stade des FIG. 318, 319, et même avant celui de la FIG. 317.

Ne connaissant pas bien cette première période de l'histoire des colonies spermatiques, nous ne pouvons rien dire de positif à ce sujet. Nous nous demandons seulement, et cela à titre d'hypothèse, si les noyaux que nous avons

toujours vus dans la partie moyenne des cæcums, plongés dans une masse de protoplasme, ne constituent pas l'élément femelle de ces colonies? L'*Asellus aquaticus* au contraire présente un volumineux noyau femelle, ainsi qu'on le voit dans les FIG. 331 à 334. Ce noyau est pauvre en nucléine dans certains colonies, mais dans les colonies les plus avancées on le trouve parfois mieux fourni de cet élément. C'est ainsi que celle qui est représentée dans la FIG. 334 renfermait un noyau femelle presque rempli par un filament grêle et assez lâchement pelotonné.

L'existence de ce noyau femelle chez l'*Asellus aquaticus* est un fait très intéressant, parceque c'est le premier exemple d'un noyau femelle que nous rencontrons chez les arthropodes en dehors des insectes. Ni les myriapodes, ni les arachnides n'en possèdent, et le scorpion lui-même, dont le faisceau spermatique ressemble tant à celui des insectes, n'en présente pas davantage.

Troisième étape.

Constitution du spermatozoïde adulte.

Pas plus chez l'*Oniscus asellus* que chez l'*Asellus aquaticus*, nous n'avons pu obtenir des spermatozoïdes adultes isolés; toutefois, l'étude que nous avons faite de la formation de ces éléments, ainsi que l'observation directe des faisceaux nous permettent de nous faire une idée assez complète de leur constitution.

Les spermatozoïdes de ces deux isopodes ont la forme d'un fouet.

La hampe de ce fouet, qui dérive d'une différenciation du protoplasme, correspond à la queue des spermatozoïdes filamenteux ordinaires : le vert de méthyle ne la colore pas.

Le flagellum, qui provient de l'éirement des protubérances contenant un noyau, correspond à la tête des spermatozoïdes normaux : il se colore intensément dans le vert de méthyle et la safranine.

Chez l'*Oniscus asellus*, aucune portion du spermatozoïde ne correspond au segment procéphalique. En effet l'extrémité libre du flagellum, examinée à un stade assez avancé (FIG. 327), ne porte pas d'appendice qui demeure incolore, et qui soit un reste du protoplasme de la protubérance spermatique.

Chez l'*Asellus aquaticus*, on peut considérer comme l'équivalent d'un segment procéphalique la portion terminale fusiforme de ces flagellums, portion qui est le siège du dépôt d'une substance albuminoïde possédant

des caractères particuliers, et qui dérive à la fois, on se le rappelle, des restes du caryoplasma, de la membrane du noyau vidé et du cytoplasma des protubérances spermatiques.

Ainsi que le montre la FIG. 320, les spermatozoïdes de l'*Oniscus asellus* sont très longs; leurs faisceaux mesurent de 0,15 mm. à 0,20 mm. Ils sont moins longs chez l'*Asellus aquaticus* et l'*Armadillo asellus*.

État des spermatozoïdes adultes.

Nous avons vu que la rentrée des flagellums dans le corps du faisceau se fait plus ou moins tôt. Dans certains cas elle se fait à mesure que le noyau s'étire, tandis que d'autres fois les flagellums déjà très amincis et très longs pendent encore au dehors (FIG. 329 et 330). Cette rentrée des flagellums était achevée dans le faisceau qui est dessiné dans la FIG. 328; mais les chocs que ce faisceau a subis pendant la préparation en ont fait ressortir en partie les six flagellums, et les ont disposés comme des cordes d'arcs sous-tendant le faisceau incurvé. Cette disposition accidentelle montre que la membrane du faisceau à ce stade n'est pas encore très ferme, puisqu'elle est facilement déchirée par les flagellums. Mais plus tard elle devient beaucoup plus solide et empêche ces filaments de sortir du faisceau. Les cellules spermatozoïdes sont donc contenues dans un étui résistant, dérivant de la différenciation du protoplasme, c'est-à-dire dans une production particulière; on pourrait donc appliquer aux faisceaux la dénomination de spermatophores, en donnant à ce mot le sens que nous avons défini précédemment.

Le lecteur aura remarqué sans doute que notre description de la spermatogénèse chez l'*Asellus aquaticus* est entièrement différente de celle que ZENKER (1) en a donnée. Il a pu voir aussi que nous attribuons aux spermatozoïdes de cet isopode une constitution qu'il n'est pas possible de concilier avec celle que ce même auteur leur attribue.

ZENKER rapporte l'origine des spermatozoïdes aux petites cellules qui remplissent la partie inférieure des cœcums testiculaires; sous ce rapport nous sommes d'accord avec lui, nous regrettons seulement que l'exposé de ses observations soit si écourté. Mais, au sujet de la formation des spermatozoïdes, l'accord n'est plus possible entre nos conclusions et les siennes. Pour ZENKER, le noyau de la cellule-mère disparaît sans prendre aucune part à la formation des spermatozoïdes. Or, nous avons montré que chacun des flagellums, portion céphalique des spermatozoïdes de l'*Asellus*,

(1) ZENKER. Loc. cit.

dérive au contraire d'un noyau; c'est là un fait dont il n'est pas possible de douter en faisant usage du vert de méthyle comme réactif colorant.

Ensuite ce savant distingue dans chaque cellule-mère deux espèces de spermatozoïdes : des spermatozoïdes filamenteux et des spermatozoïdes en forme de massue. Quant aux premiers, il se borne à dire qu'ils apparaissent dans la cellule-mère; en effet ces filaments ne sont autres que les queues des vrais spermatozoïdes qui se découpent dans le protoplasme de la colonie, la FIG. 5 de ZENKER ne laisse d'ailleurs pas de doute à cet égard.

La seconde forme de spermatozoïdes représente les flagellums avec leur article terminal. Nous avons vu que les restes du noyau et du protoplasme de la protubérance spermatique, après s'être chargés d'une matière albuminoïde, prennent la forme d'une massue pour passer ensuite à celle d'un fuseau. Cette massue et ce flagellum, ZENKER les a pris pour des stades jeunes de la formation des spermatozoïdes de la deuxième forme, tandis qu'ils représentent les dernières phases de l'achèvement des vrais spermatozoïdes. De plus il affirme que les spermatozoïdes de cette seconde sorte sont attachés à la membrane de la cellule-mère, tandis qu'ils se fixent au contraire aux hampes qu'il regarde à tort comme des productions indépendantes des premières. Enfin la masse qui, dans la figure de ZENKER, représente le protoplasme de la cellule-mère ayant organisé tout le faisceau, est loin d'avoir cette signification. Nos FIG. 331 à 334 démontrent en effet que les métrocytes qui organisent les spermatozoïdes ne sont nullement semblables à l'objet qui est représenté dans cette figure.

Cet objet est un faisceau presque achevé, un peu moins avancé cependant que celui que nous représentons dans la FIG. 335. On remarque dans notre figure que la portion supérieure du faisceau de hampes est engluée dans une masse ayant grossièrement l'aspect d'un protoplasme vacuoleux. Or cette matière n'est pas un reste du protoplasme de la métrocyte, c'est un plasma chargé de substances albuminoïdes en solution ou en suspension, qui remplit la partie inférieure du canal déférent, et qui se fixe toujours aux faisceaux qui y sont plongés. Le faisceau que nous avons dessiné est le moins chargé de cette substance que nous ayons rencontré dans ce canal. Très souvent les flagellums y sont enrobés tout entiers et, dans ce cas, les faisceaux ressemblent fort à celui que ZENKER reproduit, mais cette masse albumineuse n'est point la métrocyte qui a donné naissance aux spermatozoïdes, ainsi que le pense cet observateur.

Nous sommes convaincu que ZENKER n'a point vu les vraies colonies spermatiques; ce qui nous confirme dans cette opinion c'est qu'il ne parle pas de l'énorme noyau femelle que toutes les colonies possèdent.

Il résulte de nos observations que les deux formes de spermatozoïdes signalées chez l'*Asellus aquaticus* ne sont que les deux parties des vrais spermatozoïdes, à 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 dont le sperme présente cette particularité (1).

Nous avons dit précédemment qu'il est difficile de comprendre la note publiée par HERMANN sur la spermatogénèse des édriophthalmes, cet auteur appliquant les mêmes notions à des isopodes et à des amphipodes. Ainsi que le feront voir les pages qui suivent, la spermatogénèse des amphipodes est si différente de celle des isopodes qu'il n'est pas possible de les confondre dans une seule description. En outre, pour ce qui regarde les isopodes, la description de HERMANN, nous le répétons, est demeurée une énigme pour nous.

AUTRES ISOPODES.

Plusieurs autres isopodes présentent *aux trois étapes de leur spermatogénèse des phénomènes tout à fait analogues à ceux dont nous avons fait la description chez l'Oniscus asellus et chez l'Asellus aquaticus*; citons entre autres l'*Oniscus granulatus*, le *Porcellio pictus*, deux espèces d'*Armadillo*, les *Sphæroma serratum et fossarum*, les *Idotea hectica et tricuspadata*, l'*Anilocra mediterranea*, etc.

Les *Idotea* et les *Sphæroma* nous ont permis d'élucider deux détails importants dont l'observation est très difficile chez l'*Oniscus asellus* : 1° La multiplication des noyaux dans les métrocytes destinées à donner naissance aux faisceaux et, 2° le mode d'attache des flagellums à la hampe des spermatozoïdes.

1° On trouve en effet chez les *Idotea* un grand nombre de cellules multinucléées à tous les stades de la multiplication des noyaux depuis la cellule uninucléée jusqu'à celle qui renferme vingt ou trente noyaux et où va débiter la formation des protubérances spermatiques.

2° Le faisceau spermatique du *sphæroma serratum* est de tous les objets que nous ayons examinés celui qui permet le mieux de reconnaître le mode d'union de la tête avec la queue du spermatozoïde. Il n'est pas difficile en effet de voir les flagellums se continuer avec l'extrémité supérieure

(1) Du reste il n'est pas prouvé que les deux sortes de filaments spermatiques de la paludine aient toutes deux la valeur de spermatozoïdes.

des hampes, en formant une boucle très ouverte et remarquable par sa régularité. Cette observation permet de conclure par analogie que tels sont aussi les rapports des hampes et des flagellums chez l'*Oniscus asellus* (FIG. 327 à 330).

Ajoutons en terminant que nous avons trouvé chez l'*Anilocra mediterranea* un volumineux noyau femelle dans tous les faisceaux de spermatozoïdes en voie de formation. Ce noyau ressemble à celui de l'*Asellus*, mais il s'en distingue toutefois par l'épaisseur et la régularité du boyau nucléinien et par sa richesse en nucléine.

2° AMPHIPODES.

Les FIG. 337 à 356 de notre PL. VIII ont rapport à la spermatogénèse du *Gammarus pulex*. Ces figures revêtent un facies tout différent de celles qui concernent les isopodes. Cette différence résulte avant tout de ce fait que, chez cet amphipode, les cellules spermatiques demeurent toujours isolées et ne constituent ni colonies ni faisceaux.

Première étape.

Nous avons pu suivre dans le *Gammarus pulex* l'évolution des métrocytes d'une manière plus complète que dans les isopodes. Cette évolution ne comprend que des phénomènes fort simples.

Les métrocytes volumineuses, dont nous représentons deux exemples dans les FIG. 337 et 338, remplissent la partie supérieure du testicule, au début de l'entrée en activité de cet organe. Un peu plus tard, on voit un certain nombre d'entre elles se diviser et donner naissance à des cellules qui demeurent plus petites. C'est le phénomène initial d'un travail de prolifération active qui se manifeste bientôt dans le testicule et qui, en se continuant plus ou moins longtemps, engendre les cellules spermatiques (FIG. 340). On n'observe jamais de cellules multinucléées dans le testicule du *Gammarus*, la formation endogène ne s'y opère donc point. La segmentation binaire est le seul mode qui préside à la multiplication des métrocytes chez cet amphipode comme chez les isopodes.

Conformément à la règle générale, les cellules issues de la segmentation sont toujours d'autant moins volumineuses que leur naissance a été précédée d'un nombre plus grand de générations cellulaires. Les dernières formées, qui sont les cellules spermatiques, sont donc les plus petites cellules que contienne le testicule. On observe pendant la multiplication des métrocytes

que les plus volumineuses subissent la division directe, leur noyau s'étrangle; tandis que celles qui possèdent des dimensions plus faibles se divisent par caryocinèse

Au sujet de la structure du noyau on peut faire aussi une remarque. Les noyaux les plus volumineux sont ordinairement assez pauvres en nucléine, eu égard à leur dimension; les plus petits s'en montrent généralement plus fournis (FIG. 339).

Deuxième étape.

Les phénomènes de la formation du spermatozoïde chez le *Gammarus pulex* sont peu différents de ceux que nous avons décrits chez les insectes; aussi nous bornerons-nous à en faire une courte description.

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

La cellule spermatique, pour revêtir la forme filamenteuse qu'affecte le spermatozoïde, subit un étirement unipolaire comme chez les insectes. Un coup-d'œil jeté sur les FIG. 345 à 350 permettra au lecteur de s'assurer de ce fait. Cet étirement est à son début dans la FIG. 345; il est plus avancé dans les FIG. 346 et 350, où l'on constate que ce changement de forme se réduit à la formation d'un prolongement qui s'allonge en absorbant toute la substance de la cellule. On voit dans la FIG. 348, que le cytoplasme presque tout entier a passé dans le prolongement; il n'en reste qu'une petite zone, en forme de croissant, au-devant du noyau. Dans la FIG. 349 il a complètement disparu, de sorte que la vésicule qui contient la nucléine fusionnée est formée à la fois par la membrane du noyau et par la membrane cellulaire qui s'est fusionnée avec elle. Notons en outre que la cellule en voie d'étirement présente souvent un ou plusieurs renflements creusés d'un espace vacuolaire, détails que nous avons déjà signalés chez d'autres animaux (FIG. 347 et 348).

Remarquons enfin que, pendant la production de ces phénomènes, le protoplasme diminue; la cellule spermatique des *Gammarus* en se transformant en spermatozoïde devient donc moins volumineuse.

II. *Différentiations internes.*

A. *Phénomènes qui ont pour siège le noyau.*

Ces phénomènes sont identiques à ceux qui se passent chez les insectes. On voit en effet le filament nucléinien disparaître, et tout le contenu du

noyau se transformer en une masse sans structure. Tantôt ce phénomène est dû à une fusion des anses du filament nucléinien et, dans ce cas, la masse qui en résulte n'occupe pas toute la cavité nucléaire, elle se rétracte au contraire à l'intérieur de cette cavité, laissant entre elle et la membrane du noyau un espace vide (FIG. 345 à 349). Tantôt la rétraction se fait de manière à produire non pas un espace entourant régulièrement toute la masse nucléinienne, comme c'est le cas dans les FIG. 345 à 349, mais une vacuole occupant seulement l'extrémité du noyau (FIG. 352 et 353). Parfois aussi cette vacuole occupe le milieu de la masse nucléinienne qui est alors scindée en deux portions (FIG. 354).

D'autres fois la nucléine semble plutôt se dissoudre dans le plasma nucléaire. Le noyau tout entier est alors rempli d'une substance homogène qui se colore moins vivement que l'élément nucléinien intact; ce cas est représenté dans la FIG. 344.

Le contenu amorphe du noyau, qu'il résulte de la fusion ou de la dissolution de la nucléine, commence bientôt à s'allonger; on peut suivre dans les FIG. 345 à 351 divers stades de ce processus.

Dans la série des FIG. 345 à 349 la masse résultant de la fusion du boyau nucléinien passe de la forme globuleuse à une forme conoïde; elle se continue ensuite avec la portion étirée de la cellule qui a déjà pris la minceur d'un fil (FIG. 346).

La membrane du noyau dans toutes ces figures est encore séparée de la nucléine par un espace vide, mais cet espace finit par disparaître complètement, grâce à l'application de la membrane sur la masse nucléinienne. Celle-ci prend en même temps la forme d'un fuseau, forme qu'on retrouve dans le spermatozoïde achevé (FIG. 356).

La série des FIG. 344, 350, 351 et 355 montre des phases de la formation de la tête aux dépens d'un noyau dont la nucléine s'est dissoute dans le plasma nucléaire. Dans ce mode particulier, les phénomènes ne diffèrent de ceux que nous venons de décrire qu'en ce que l'élément nucléinien ne se rétracte pas avant de s'étirer en fuseau; c'est le noyau tout entier qui devient fusiforme, comme on le constate dans les FIG. 350, 351 et 355. Mais, tôt ou tard, il faut que le noyau subisse une diminution de volume correspondant à celle qu'il subit dans les cas où la masse nucléinienne s'est préalablement rétractée, diminution qui se constate dans les FIG. 345, 348 et 349.

La FIG. 350 représente un spermatozoïde dont la tête dérive d'un noyau où la nucléine, au lieu de se fusionner et de se rétracter, s'était simplement dissoute dans le plasma; cette tête devra se rétrécir notablement pour pren-

dre la grandeur et la forme qu'elle possède dans le spermatozoïde achevé qui est dessiné dans la FIG. 356.

BÜTSCHLI est, pensons-nous, le seul auteur qui ait donné une description accompagnée de dessins de la spermatogénèse chez un amphipode, le *Gammarus pulex*. Ses figures ne représentent, il est vrai, que quelques stades de la différenciation de la cellule spermatique, et sa description est sommaire aussi : il n'explique pas en détail l'origine et la signification des différentes parties du spermatozoïde. Mais il est probable qu'il conserve au sujet du *Gammarus* la manière de voir qu'il exprime dans le même travail au sujet des insectes. Cependant ni ses figures ni sa description ne nous indiquent l'origine et la destination du corps obscur qu'il dessine dans sa FIG. VII, 2. Ce corps vient-il du noyau? Dans ce cas il devrait, d'après les idées de BÜTSCHLI, former le *Mittelstück*, tandis que la tête, que l'auteur appelle portion antérieure, dériverait du protoplasme. Mais BÜTSCHLI ne se pose pas cette question.

La description succincte donnée par HERMANN (1) de la spermatogénèse des crustacés édriophthalmes en général, est plus facile à comprendre si on l'applique au *Gammarus* seulement; toutefois elle donne lieu encore de regretter que cet auteur n'ait pas publié des figures capables de nous faire saisir plus clairement sa pensée.

HERMANN distingue dans le spermatoblaste, c'est-à-dire dans la cellule spermatique des édriophthalmes, trois parties constitutives : un noyau, un nodule céphalique et un corps cellulaire.

Le noyau existe : toute cellule en effet possède un noyau; le terme corps cellulaire désigne évidemment le protoplasme de la cellule, mais quant au nodule céphalique il n'existe pas comme tel.

Sans doute on trouve dans la cellule spermatique du *Gammarus* des corps de nature diverse qui dérivent évidemment du protoplasme : une petite vacuole (FIG. 346, *v*), une ou plusieurs enclaves albuminoïdes, etc. C'est probablement à l'une de ces dernières que HERMANN applique le terme de nodule céphalique.

Mais ni la vacuole ni les enclaves ne jouent un rôle dans la formation du spermatozoïde, comme on a pu le voir par notre description. En outre nos figures montrent que leur présence est loin d'être constante dans la cellule spermatique : ici il y a une enclave et une vacuole, là ni l'une ni l'autre n'existe (FIG. 347 et 350), ailleurs il y a une ou plusieurs enclaves et pas de vacuole (FIG. 345). Du reste HERMANN ne soutient nullement que le nodule céphalique prenne part à la formation du spermatozoïde; il se borne à dire que le corps disparaît et qu'il n'a pu en suivre

(1) HERMANN, Loc. cit.

complètement la destinée. Mais alors pourquoi lui donner le nom de nodule céphalique, ce nom impliquant une participation à la formation de la tête? Pour nous ces nodules, aussi bien que le Nebenkern et le Nebenkörper de BÜTSCHLI et de DE LA VALETTE, ne sont que des enclaves albuminoïdes, peut-être dans certains cas des vacuoles : productions qui peuvent exister accidentellement ou habituellement dans toute espèce de cellules, et qui ne méritent pas une dénomination particulière dans la cellule spermatique, puisqu'elles n'y jouent aucun rôle essentiel.

B. Phénomènes qui ont pour siège le protoplasme.

Nous n'avons pu découvrir chez le *Gammarus* la moindre trace du fil élastique qui constitue le premier rudiment, le squelette pour ainsi dire de la queue du spermatozoïde, et que nous avons appelé *filament axial*.

Comme nos figures le montrent, la masse piriforme qui constitue la tête du spermatozoïde en formation dirige son extrémité amincie vers le prolongement caudal de la cellule. Celui-ci est si mince qu'il n'est pas possible de distinguer si la tête s'y continue, comme chez beaucoup d'autres animaux, avec un filament axial. Mais dans les renflements, dont nous avons signalé la présence assez fréquente sur ce prolongement, on devrait apercevoir le filament axial s'il existait; c'est en effet dans des renflements semblables qu'on voit le mieux ce détail interne chez les *Lithobius* et les insectes. Or on n'en voit pas plus de traces en ces endroits que dans le corps de la cellule et du prolongement caudal.

Noyau femelle.

Les cellules spermatiques du *Gammarus*, on se le rappelle, naissent par segmentation binaire ordinaire; il en résulte qu'elles ne sont jamais réunies en colonies et que les spermatozoïdes ne forment pas de faisceaux. Aussi l'élément femelle, s'il est éliminé chez le *Gammarus*, doit-il être représenté par le noyau d'une cellule née par voie de segmentation. Peut-être certaines petites cellules que l'on trouve entremêlées aux spermatozoïdes ont-elles cette signification. Nous devons dire cependant que les cellules dont nous voulons parler ne possèdent pas des caractères bien différents de ceux des métrocytes de moyenne grandeur. C'est donc une simple hypothèse que nous émettons à leur sujet.

Troisième étape.

Constitution des spermatozoïdes.

Les spermatozoïdes du *Gammarus pulex* sont des filaments assez longs, légèrement aplatis et portant à l'une de leurs extrémités une tête fusiforme qui se colore encore, quoique faiblement, par le vert de méthyle (FIG. 356).

Les figures que BÜTSCHLI en donne marquent dans l'axe du filament une nervure médiane (*Mittelrippe*) que nous avons pensé d'abord devoir rapporter à un filament axial, mais ce détail n'existe pas chez le *Gammarus*. La ligne sombre que l'on voit apparaître dans l'axe de la queue, surtout quand on fait usage d'un objectif à sec, est due à un effet de réfraction; on s'en assure en faisant usage de l'objectif 1/12 de ZEISS qui permet de constater que cette ligne ne se dessine que lorsque la mise au point est imparfaite.

État des spermatozoïdes.

Nous venons de le dire, les spermatozoïdes ne sont pas réunis en faisceaux; c'est ce qui les distingue de ceux des oniscides.

On doit considérer les protubérances de toutes les métrocytes à formation exogène, et par conséquent celles des métrocytes analogues des oniscides, comme étant des cellules spermatiques incomplètement divisées. L'imperfection de cette division maintient les spermatozoïdes unis en faisceaux dans l'*Oniscus*, les annélides, etc., tandis que son achèvement donne aux cellules spermatiques des *Gammarus*, comme à celles des *Lithobius*, la liberté dont elles jouissent.

L'isolement des spermatozoïdes chez les amphipodes, est la raison principale pour laquelle nous trouvons que la description de HERMANN s'y adapte mieux qu'à ceux des isopodes où ils sont réunis en faisceaux. En effet HERMANN ne parle nullement dans sa note de productions semblables aux éléments en grappe de l'*Oniscus asellus* et de l'*Asellus aquaticus*. Est-il possible qu'il ait observé cette disposition sans la signaler, et qu'il se soit borné à donner la description de ce qui se passe dans chacune des protubérances spermatiques en particulier? Il est cependant un détail dans sa description des métamorphoses du noyau qui se rapporte mieux aux isopodes qu'au *Gammarus*, c'est la transformation du noyau en un cordon qui se trouve enroulé dans la cellule et qui en sort plus tard. Ce phénomène ne s'observe pas chez le *Gammarus*, car on n'y trouve jamais le noyau étiré et pelotonné dans la cellule. Ce détail pourrait bien se rapporter à un mode semblable à celui que nous avons décrit chez l'*Oniscus* et l'*Asellus*. Mais à ce propos on peut se demander si HERMANN n'a pas considéré comme un noyau allongé le boyau nucléinien qui est si remarquable et dont il ne fait pas mention?

AUTRES AMPHIPODES.

Nous avons constaté le même mode de spermatogénèse chez divers amphipodes, et entre autres chez deux espèces d'*Allorchestes* et chez la *Lysianassa spinicornis*. Aussi considérons-nous les phénomènes que nous venons de décrire dans le *Gammarus pulex* comme constituant le mode typique de la spermatogénèse des amphipodes; *les deux sous-ordres des crustacés édriophthalmes présentent donc une différence bien tranchée dans leur spermatogénèse.*

(A continuer).

EXPLICATION DES FIGURES

N. B. Toutes nos figures ont été dessinées à la chambre claire et au microscope de Zeiss, à la hauteur de la table, le tube du microscope ayant 16 centimètres de longueur.

A part certains cas particuliers, mentionnés dans le texte, les objets qui ont servi à la confection des dessins ont été traités d'après la méthode indiquée à la page 40.

PLANCHE I. (Myriapodes, Fig. 1 à 26.)

Grossissements : FIG. 1 : Obj. F, Oc. 1 et 4. — FIG. 2 à 26 : Obj. F, Oc. 1.

Lithobius forficatus.

FIG. 1. A. Métrocyte tirée d'un individu jeune : *mn* membrane du noyau ; *pn* protoplasme nucléaire ; *nl* nucléole-noyau. B. Noyau d'une métrocyte semblable : *nl* nucléole-noyau ; *v* vacuole.

FIG. 2. Cellule spermatique : *nl* nucléole-noyau en voie de destruction.

FIG. 3. Cellule spermatique s'allongeant par un pôle pour se transformer en spermatozoïde ; *nl* restes du nucléole-noyau dont la membrane a disparu.

FIG. 4. Stade plus avancé : *nl* restes du nucléole-noyau, les bâtonnets nucléiniens commencent à se disperser. Le filament axial est déjà ébauché.

FIG. 5. Stade ultérieur. On voit encore en *nl* quelques fragments nucléiniens ; des fragments semblables s'observaient aussi en d'autres points de la cellule, mais on a omis de les graver.

FIG. 6. Deux métrocytes qui viennent de se segmenter. Elles sont encore unies par leur plaque cellulaire *ab*. La membrane du noyau ne s'est pas encore formée autour des nucléoles-noyaux déjà reconstitués.

FIG. 7. Quatre cellules unies par les plaques cellulaires *ab* et *a'b'*, traversées par les restes du fuseau caryocinétique. Ces cellules peuvent être des métrocytes ou des cellules spermatiques.

FIG. 8. Quatre cellules spermatiques unies, et commençant à subir l'allongement unipolaire.

FIG. 9. Groupe de quatre cellules semblables ; l'allongement y est plus prononcé.

FIG. 10. Métrocyte uninucléée portant déjà l'ébauche de quatre spermatozoïdes ; les rudiments du filament axial *ax* sont nettement dessinés sur les prolongements qu'elle porte.

FIG. 11. Stade plus avancé du développement de cette métrocyte qui possède maintenant quatre nucléoles-noyaux issus de la division du noyau primitif.

FIG. 12. Stade encore plus avancé d'une métrocyte semblable : les quatre prolongements ont la signification de cellules spermatiques, bien que le filament axial n'y paraisse pas encore.

FIG. 13. Stade encore plus avancé : les prolongements spermatiques de la métrocyte à quatre nucléoles-noyaux sont beaucoup plus allongés, ils sont devenus plus variqueux et laissent voir le filament axial en formation ; les renflements présentent des espaces vacuoleux.

FIG. 14. Métrocyte uninucléée présentant deux prolongements spermatiques où l'on aperçoit le filament axial *ax*.

FIG. 15. Stade subséquent d'une métrocyte semblable. Le noyau a donné naissance à deux nucléoles-noyaux. Les deux prolongements se sont développés ; ils possèdent un filament axial mieux formé et laissent voir de plus, en *sp*, les rudiments fraîchement établis de la spirale.

FIG. 16. Métrocyte possédant deux noyaux complets.

FIG. 17. Métrocyte à quatre noyaux complets.

FIG. 18. Faisceau formé de six cellules spermatiques déjà très allongées ; les noyaux et les nucléoles ont disparu, mais le filament axial et la spirale n'ont pas encore fait leur apparition.

FIG. 19. Groupe de quatre cellules spermatiques accolées, mais libres de toute adhérence réciproque. Celle qui figure sous le n° 2 possède encore un nucléole-noyau intact. Dans les trois autres cet élément commence à se désorganiser, sa membrane a déjà disparu, et les fragments nucléiniens ne tarderont plus à se disperser dans le protoplasme.

FIG. 20. Tronçon d'une cellule spermatique déjà très allongée et se régularisant pour prendre la forme définitive du spermatozoïde ; deux renflements seulement ont persisté. Le filament axial existe dans toute sa longueur, mais la spirale ne s'y forme point encore. Le noyau a disparu entièrement.

FIG. 21. Cellule spermatique semblable à la précédente, mais moins allongée et moins régulière. Le changement de forme n'y est pas aussi avancé quoique le travail de différenciation interne y soit poussé plus loin, car outre le filament axial qui existe dans toute la longueur, la spirale y est visible en plusieurs endroits. Les tours de cette spirale, encore mince et filôide, sont très rapprochés. Le filament axial est plus long que la cellule elle-même, aussi doit-il se pelotonner dans les renflements.

FIG. 22. Coupe optique d'une cellule spermatique semblable à la précédente. La spirale existe déjà dans la partie supérieure de la figure : on y voit en *sp* la section des tours de spire, mais elle n'est pas encore formée dans la partie inférieure où la membrane est épaisse et continue (elle est représentée trop mince). Dans l'axe de cette cellule se voit aussi la coupe du filament axial.

FIG. 23. Extrémité antérieure renflée d'une cellule spermatique vue de face.

FIG. 24. Portion d'une cellule spermatique montrant le filament axial, et en divers endroits la spirale qui y a pris déjà la forme d'un ruban aplati, et dont les tours se sont espacés. En *B* est représentée une coupe optique de l'extrémité de cette même cellule. On peut y reconnaître que la spirale se découpe dans la membrane interne.

FIG. 25. Extrémité d'un fragment de spermatozoïde adulte pris dans la vésicule séminale ; le filament axial en sort par le bord rompu.

Geophilus.

FIG. 26. Spermatozoïde extrait de la vésicule séminale.

PLANCHE II. (Lépidoptères, Fig. 27 à 47.)

Gr. : FIG. 27 à 30, 45 à 47 : F, 1. —

FIG. 31 à 34 : 1/12, 1. — FIG. 35 à 44 : 1/12, 4. — FIG. 46 : D, 1.

Chelonia caja.

FIG. 27. Colonie primitive extraite du testicule d'une larve longue de 5 millimètres.

FIG. 28. Colonie primitive provenant d'une larve de 10 millimètres.

FIG. 29. Cellules multinucléées extraites d'une colonie semblable à la précédente, mais un peu plus volumineuse.

FIG. 30. Colonie de métrocytes, légèrement écrasée par le porte objets, extraite d'une larve peu de temps avant la mue nymphale.

Bombyx rubi.

FIG. 31. Coupe microtomique d'une colonie semblable à la précédente, et extraite d'une larve.

Chelonia caja.

FIG. 32, 33 et 34. Métrocytes où l'on voit la multiplication des noyaux.

FIG. 35. Colonie de cellules spermatiques. Les noyaux y sont très petits.

Pieris brassicæ.

FIG. 36. Colonie de cellules spermatiques commençant à s'allonger; le filament axial est formé. L'état des noyaux est variable : dans les uns, les cordons nucléiniens sont encore intacts; dans les autres, ils sont fusionnés en une masse qui, çà et là, s'allonge en bâtonnet.

FIG. 37. Colonie de cellules spermatiques plus allongées, mais ne présentant pas encore de différenciation interne.

FIG. 38. Colonie plus avancée : le filament axial est formé et les cellules spermatiques sont plus développées; le noyau n'y est cependant pas encore modifié.

FIG. 39. Colonie un peu moins avancée que la précédente, à demi dissociée.

FIG. 40. Cellule spermatique isolée. Le filament axial est bien constitué, mais le noyau ne présente pas encore de modifications.

FIG. 41, 42, 43. Cellules semblables montrant trois stades de l'étirement de la masse nucléinienne.

Chelonia caja.

FIG. 44. Partie antérieure d'une colonie plus âgée, la nucléine y a la forme d'un fuseau. Au devant de la colonie s'observe une accumulation de protoplasme renfermant le noyau femelle.

Pieris brassicæ.

FIG. 45. Partie antérieure d'une colonie plus avancée. Protoplasme sur les côtés avec deux noyaux femelles.

Chelonia caja.

FIG. 46. Faisceau arrivé au même stade.

Noctuella.

FIG. 47. Faisceau très riche en protoplasme.

PLANCHE III. (Coléoptères, Fig. 48 à 73.)

Gr. : FIG. 48 à 50, 54 à 57, 69, 72 et 73 c : 1/12, 4. —

FIG. 51, 58 à 62 : F, 4. — FIG. 52 et 53, 59 à 68 : F, 1. — FIG. 70 et 71 : 1/12, 1.

Hydrophilus piceus.

FIG. 48. Coupe transversale de la partie supérieure d'un cœcum testiculaire. *A*, métrocyte multinucléée; *B*, colonie.

FIG. 49. Coupe transversale de la partie moyenne du même cœcum. *A*, métrocyte multinucléée; *B*, jeune colonie; *C*, colonies pendant la période de segmentation; *D*, colonie après la fin de la période de segmentation : les cellules qui la composent sont des cellules spermatiques.

FIG. 50. Coupe transversale inférieure à la précédente. *A*, colonies des cellules spermatiques commençant à s'allonger, coupées obliquement; *B* et *C*, colonies plus avancées, dont le noyau n'a pas encore subi de modifications; *D*, stade suivant : les noyaux s'allongent; beaucoup d'entre eux montrent encore la nucléine sous la forme de petits fragments, d'autres la montrent plus ou moins fusionnée; *E*, stade plus avancé : la fusion de la nucléine est achevée dans tous les noyaux.

FIG. 51. Métrocyte multinucléée.

FIG. 52. Colonie de spermatozoïdes. Le développement des queues y est très avancé; celui des têtes l'est moins : ce sont encore des noyaux sphériques contenant des fragments du filament nucléinien. On y voit un volumineux noyau femelle; le protoplasme s'est surtout accumulé à son extrémité caudale.

FIG. 53. Colonie plus avancée, dissociée à son extrémité caudale. Le protoplasme s'est accumulé à la partie céphalique, et contient le noyau femelle dont le volume a considérablement augmenté.

FIG. 54, 55, 56. Cellules spermatiques à trois stades de leur allongement. Dans la fig. 56 le filament axial a fait son apparition.

FIG. 57. Cellules spermatiques plus avancées; la nucléine est rassemblée en un bâtonnet filiforme; la membrane nucléaire s'y est appliquée, puis a cessé d'être distincte.

Feronea anthracina.

FIG. 58. Métrocyte uninucléée tirée du testicule d'un très jeune individu pendant la période où la segmentation règne exclusivement.

FIG. 59. Métrocyte semblable tirée d'un testicule plus âgé.

FIG. 60, 61, 62. Trois stades du développement de la cellule précédente; multiplication des noyaux.

FIG. 63. Dernier stade de l'évolution de la même métrocyte; la division du protoplasme vient de s'opérer.

FIG. 64. Faisceau de spermatozoïdes presque mûrs.

Feronea nigerrima.

FIG. 65. Métrocyte à trois noyaux.

FIG. 66. Métrocyte multinucléée très volumineuse.

FIG. 67. Colonie à demi dissociée, renfermant des cellules uninucléées, des cellules en segmentation et des cellules multinucléées.

Feronea anthracina.

FIG. 68. Cellules spermatiques renfermant un spermatozoïde enroulé dont la tête est encore sphérique.

FIG. 69. Cellules renfermant, l'une deux, l'autre trois spermatozoïdes semblables aux précédents.

Helops caraboïdes.

FIG. 70. Colonie de métrocytes.

FIG. 71. Colonie de cellule spermatiques.

FIG. 72. Colonie dérivant de la précédente. Les cellules spermatiques étirées se sont réparties en deux groupes orientés en sens contraire.

FIG. 73. Stade plus avancé que le précédent; faisceau de spermatozoïdes presque achevés, légèrement écrasé par le couvre-objets.

PLANCHE IV. (Coléoptères, Fig. 74 à 112.)

Gr : FIG. 74 et 75, 84 à 112 : 1/12, 1. — FIG. 76 à 82 : 1/12, 4. — FIG. 83 : F, 1.

Geotrupes.

FIG. 74. Faisceau de cellules spermatiques étirées. Les noyaux encore sphériques contiennent une masse sphéroïdale formée par l'élément nucléinien fusionné et coloré en bleu intense par le vert de méthyle.

FIG. 75. Même faisceau plus avancé; les cellules spermatiques sont devenues de minces filaments, et les noyaux se sont transformés en têtes linéaires. Le noyau femelle a fait son apparition au devant des têtes.

FIG. 76. Une cellule spermatique provenant d'un faisceaux dissocié. Son noyau n'est pas encore modifié.

FIG. 77. Cellule analogue. La nucléine est fusionnée et forme déjà une masse allongée; la membrane du noyau a disparu. Le filament axial est établi.

FIG. 78. Cellule analogue plus avancée.

FIG. 79. Cellule analogue à celle de la fig. 76; plusieurs tronçons du filament axial s'y montrent.

FIG. 80. Même cellule plus développée. La nucléine est fusionnée et rétractée au centre du noyau en une petite masse qui commence à s'allonger.

FIG. 81. Stade ultérieur. La nucléine est beaucoup plus allongée, mais la membrane du noyau existe encore.

FIG. 82. Spermatozoïde presque achevé. Le segment procéphalique est devenu plus court que dans la fig. 75.

Chrysomela.

FIG. 83. Faisceau de spermatozoïdes; deux noyaux femelles se voient sur les côtés.

Calosoma inquisitor.

FIG. 84. Colonie de métrocytes.

FIG. 85, 86, 87. Cellules extraites d'une colonie plus âgée. La multiplication nucléaire se poursuit dans ces cellules, sans que le protoplasme se divise, jusqu'au stade de la figure 88.

FIG. 88. Métrocyte multinucléée, peu de temps avant la division protoplasmique.

FIG. 89. Colonie de spermatozoïdes, issue d'une métrocyte semblable à celle de la figure précédente (après division protoplasmique et segmentation des premières cellules-filles). On y voit le noyau femelle.

FIG. 90. Colonie semblable, plus avancée; les têtes commencent à converger, tandis que les queues s'échappent de la cellule au pôle opposé.

FIG. 91. Stade plus avancé : un grumeau de substance réfringente apparaît à l'extrémité antérieure.

FIG. 92. La masse de substance réfringente a augmenté de volume et forme une pièce solide, déjà incurvée mais encore épaisse.

Carabus purpurascens.

FIG. 93, 94, 95, 96. Stades analogues à ceux des fig. 89, 90, 91 et 92.

FIG. 97. Faisceau semblable à celui de la fig. 95, vu de face.

FIG. 98. Stade plus avancé : la substance réfringente est maintenant une pièce aplatie et a pris la forme d'une petite écaille incurvée en nacelle.

FIG. 99. Écaille débarrassée des spermatozoïdes, et vue de face.

Carabus auratus.

FIG. 100. Spermatozoïdes semblables aux précédents. Le protoplasme y a déjà pris, à la partie antérieure, la forme du spermatozoïde achevé, bien que sa transformation en substance réfringente soit encore à son début.

FIG. 101. Spermatozoïde un peu plus avancé que le précédent. Il contient deux gouttes irrégulières de substance réfringente.

FIG. 102. Spermatozoïde jeune, vu de profil.

Helops caraboïdes.

FIG. 103. Faisceau de spermatozoïdes. On aperçoit à l'extrémité antérieure une gouttelette d'une substance réfringente analogue à la soie, et à laquelle le picro-carmin communique une coloration intense.

FIG. 104. Stade plus avancé de la formation de ce spermatozoïde. La soie beaucoup plus abondante, forme un filament irrégulier; la gouttelette en s'allongeant entraîne les spermatozoïdes qui y demeurent insérés par l'extrémité de leur tête.

FIG. 105. Spermatozoïde presque achevé.

Loricera.

FIG. 106. Spermatozoïde analogue.

FIG. 107. Spermatozoïde. L'extrémité de la tête y est ordinairement recourbée en crochet.

FIG. 108. Spermatozoïde achevé. L'axe de soie, qui était primitivement incolore, s'est différencié en deux parties : une tige centrale qui reste incolore, et une gaine où plongent les spermatozoïdes, et qui se colore intensément.

Feronea anthracina.

FIG. 109. Tronçon du testicule dessiné en coupe optique. De chaque diverticulum latéral sort un filament de soie; le filament inférieur est encore très court.

FIG. 110. Spermatophore en formation. La soie, encore peu développée, est renflée à l'une de ses extrémités qui est garnie d'une gerbe de spermatozoïdes. Cette extrémité porte une bordure formée d'une substance différente de la soie, qui ne se colore pas par le carmin, et qui englue les spermatozoïdes sur une certaine longueur.

FIG. 111. Spermatophore moins avancé; les spermatozoïdes sont insérés sur la soie elle-même, ils se répartissent déjà en deux groupes qui vont devenir les lames latérales. On n'y voit pas encore la substance incolore: ce qui semble indiquer que celle-ci se forme aux dépens de la soie, sous l'influence des spermatozoïdes.

FIG. 112. Spermatophore plus avancé que celui de la fig. 110. La substance incolore gagne du terrain vers l'arrière, à mesure que les spermatozoïdes s'accrochent à la soie.

PLANCHE V. (Coléoptères, Fig. 113 à 124. —
Diptères, Fig. 125 à 137).

Gr. : FIG. 113 à 120, 123 à 131, 133 à 135 et 137 : 1/12, 1. —
FIG. 132, 134 et 136 : 1/12, 4. — FIG. 121 : A, 2. — FIG. 122 : A, 1.

Feronea anthracina.

FIG. 113. Très jeune spermatophore : gerbe de spermatozoïdes fixée à une gouttelette de soie formée dans la lumière du testicule.

FIG. 114. Spermatophore dans lequel la substance incolore fait son apparition au devant de la soie.

FIG. 115. Spermatophore vu de profil; une zone incolore existe sur les deux faces.

FIG. 116. Spermatophore plus jeune que le précédent, vu de profil également. La substance incolore y forme un épais bourrelet antérieur, et une zone mince sur une seule face.

FIG. 117. Gouttelettes de soie répandues dans le testicule.

FIG. 118. Spermatophore très avancé, vu de profil à son extrémité antérieure où l'on voit la spatule en coupe optique; dans la partie postérieure de la figure, il est vu de face. On y constate que les lames latérales ne sont pas achevées; un certain nombre de spermatozoïdes s'en détachent encore.

FIG. 119. Spermatophore presque achevé; la portion antérieure doit cependant continuer à s'allonger, et la spatule terminale doit s'y développer; les lames latérales sont formées sur une plus grande longueur que dans le précédent.

FIG. 120. Spermatophore terminé et découpé en tronçons; la portion postérieure est constituée par un mince filament de soie ne portant plus de lames latérales. A l'extrémité antérieure s'aperçoit la spatule bien développée.

FIG. 121. Spermatophore dessiné sous un faible grossissement.

FIG. 122. Spermatophore d'un carabique indéterminé. L'axe de soie y est contourné en spirale; les ailes sont détachées de la soie, excepté à l'extrémité antérieure.

Feronea nigerrima.

FIG. 123. Partie antérieure d'un spermatophore extrait de la vésicule copulative de la femelle. Le tube qu'elle représente était primitivement rempli par l'axe de soie ; la substance de celui-ci a disparu, car le tube est vide et ne contient que quelques spermatozoïdes.

FIG. 124. Tronçon de la partie moyenne du même spermatophore, vu de face, et montrant l'altération des lames latérales ; les spermatozoïdes se dégagent de ces derniers et passent dans le tube axial vide.

Ornithobia cervi.

FIG. 125. Colonie de métrocytes.

FIG. 126. Métrocyte provenant d'une colonie semblable à la précédente. La première division nucléaire s'y est achevée, mais le protoplasme ne donne encore aucun signe de division.

FIG. 127. Métrocyte semblable où le protoplasme est en division : un sillon profond l'étrangle en deux portions. La membrane de la cellule n'est pas intéressée dans la formation de ce sillon.

FIG. 128. Stade ultérieur. La deuxième division nucléaire est achevée ; les deux cellules sont contenues dans la membrane de la cellule-mère.

FIG. 129. Stade ultérieur. La division protoplasmique des deux premières cellules-filles est achevée ; quatre cellules sont contenues dans la membrane de la cellule-mère.

FIG. 130. Stade ultérieur. Colonie née par la segmentation endogène d'une cellule-mère semblable à celle de la fig. 126, et contenue encore dans la membrane de cette cellule.

FIG. 131. Stade ultérieur. Colonie dans laquelle la segmentation a été poussée plus loin : les cellules qui la constituent sont des cellules spermatiques ; un certain nombre d'entre elles subissent déjà un allongement unipolaire.

FIG. 132. Trois cellules spermatiques plus allongées, et dont le noyau n'a pas encore subi de modifications.

FIG. 133. Colonie de cellules spermatiques dans lesquelles l'étirement est plus avancé. L'élément nucléinien de leur noyau s'est fusionné et rétracté, il apparaît sous la forme d'un bâtonnet. A la partie antérieure de la colonie s'aperçoit une accumulation de protoplasme contenant un noyau femelle.

FIG. 134. Cellules spermatiques provenant de la dissociation d'une colonie semblable à celle de la figure précédente. On y constate la présence du filament axial près du noyau et dans les renflements des queues.

FIG. 135. Colonie spermatique plus avancée, à demi dissociée. Les spermatozoïdes qui la composent doivent encore s'allonger beaucoup.

FIG. 136. Spermatozoïdes de l'âge des précédents, mais vus sous un grossissement plus fort.

FIG. 137. Tronçon de la portion antérieure d'une colonie plus âgée, et dont la longueur était d'environ le triple de celle du tronçon figuré. On y remarque le court segment procéphalique des spermatozoïdes.

PLANCHE VI. (Orthoptères, (Fig. 138 à 213. —
Névroptères, Fig. 214 et 215. — Hémiptères, Fig. 216 à 227. —
Hyménoptères, Fig. 228.)

Gr. : FIG. 138 à 142, 199, 215 et 226 : F, 1. — FIG. 143 à 148, 222 et 227 : 1/12, 1. —
FIG. 149 à 197, 200 à 213, 216 à 221, 223 à 225 et 228 : 1/12, 4. —
FIG. 198 : D, 1. — FIG. 214 : F, 4.

Decticus verrucivorus.

FIG. 138. Métrocyte à deux noyaux présentant un prolongement amiboïde.
FIG. 139. Métrocyte uninucléée.
FIG. 140. Métrocyte binucléée, sans prolongement.
FIG. 141. Stade ultérieur, trois noyaux.
FIG. 142. Stade ultérieur, colonie qui vient de naître par la division endogène d'une cellule multinucléée.

FIG. 143. Métrocyte semblable à celles qui composent la colonie précédente.
FIG. 144. Stade ultérieur du développement de cette métrocyte, deux noyaux.
FIG. 145. Stade ultérieur, trois noyaux.
FIG. 146. Stade ultérieur, une vingtaine de noyaux.
FIG. 147. Stade ultérieur, grand nombre de noyaux.
FIG. 148. Stade ultérieur. La division du protoplasme s'est opérée et les cellules, nées de cette manière, se sont déjà segmentées. Les faibles dimensions des cellules qui constituent cette colonie permettent de les considérer comme des cellules spermatiques.

Les cellules dessinées dans les fig. 143 à 148 représentent donc des phases de la formation d'une colonie spermatique, et dérivent de la dernière division endogénique de l'évolution d'une métrocyte; elles sont d'ailleurs reconnaissables à leurs faibles dimensions ainsi qu'à la petitesse et au facies de leur noyau.

FIG. 149. Cellule spermatique. Une très jeune vacuole est accolée au noyau; un court rudiment de filament axial se voit au pôle opposé. L'élément nucléinien a commencé à se dissoudre dans le plasma nucléaire; des bâtonnets y sont pourtant encore visibles au sein d'un liquide homogène. Le vert de méthyle a coloré ce noyau d'une manière uniforme.

FIG. 150. Cellule spermatique : une vacuole un peu plus grande que la précédente se voit encore appliquée sur le noyau; une surface plane la sépare de celui-ci.

FIG. 151. Cellule semblable dans laquelle la vacuole est séparée du noyau par une surface convexe; le noyau n'a pas subi de déformation.

FIG. 152. Cellule semblable; le noyau se déforme, une surface concave le sépare maintenant de la vacuole.

FIG. 153. Stade ultérieur du développement de la cellule spermatique : l'allongement unipolaire est déjà bien accentué et le filament axial a fait son apparition.

FIG. 154. Cellule spermatique très allongée et assez épaisse sur toute sa longueur; elle peut représenter un stade ultérieur à celui qui est marqué dans la fig. 157. Le protoplasme autour du noyau est presque entièrement résorbé.

FIG. 155. Cellule spermatique dont le noyau est déjà plus différencié que dans les cellules précédentes : la nucléine y est entièrement dissoute; de plus une saillie s'élève de la paroi antérieure du noyau et s'avance dans la vacuole.

FIG. 156. Cellule spermatique dans laquelle le noyau est au même stade que dans la figure précédente. Mais l'allongement de la cellule n'y a pas encore débuté, bien que le filament axial y soit déjà très long; on aperçoit ce dernier pelotonné autour du noyau.

FIG. 157. Cellule spermatique. La transformation du noyau y est plus avancée que dans la figure précédente; la saillie antérieure du noyau a pris la forme d'une lamelle aplatie portant à ses angles deux épaissements ponctiformes.

FIG. 158. Cellule spermatique. L'allongement du noyau y est plus prononcé.

FIG. 159. Cellule spermatique plus avancée. Le noyau a pris la forme d'une palette. On remarque dans ce noyau une vacuole interne. Dans toute la portion antérieure de la cellule le protoplasme cellulaire a disparu, et le noyau surmonté de la vacuole antérieure y paraît nu, bien qu'en réalité il soit revêtu de la membrane cellulaire fusionnée sans doute avec la membrane nucléaire et la membrane de la vacuole.

FIG. 160. Cellule spermatique plus avancée. Les chambres latérales de la vacuole antérieure commencent à faire saillie sur les parties latérales du noyau qui continue à s'étirer.

FIG. 161. Stade ultérieur. Ces deux saillies sont plus accentuées; on y reconnaît déjà leur destination : elles vont former les crochets latéraux des spermatozoïdes.

FIG. 162. Spermatozoïde achevé, vu de profil.

FIG. 163. Spermatozoïde achevé, vu de face.

FIG. 164. Cellule spermatique déjà très allongée; le filament axial *ax* y est à peine ébauché. Le noyau ne présente pas d'autre modification que la dissolution partielle de la nucléine; ce phénomène a eu pour résultat de faire prendre au noyau, sous l'action du vert de méthyle, une coloration uniforme, indiquée dans la figure par un pointillé homogène.

FIG. 165. Cellule spermatique à deux noyaux surmontés d'une vacuole antérieure.

FIG. 166. Cellule spermatique semblable à la précédente mais plus avancée : les noyaux y sont déjà modifiés dans leur forme, et le filament axial s'y est découpé dans le protoplasme indivis.

FIG. 167. Cellule spermatique donnant naissance à quatre spermatozoïdes.

FIG. 168. Cellule spermatique dont le noyau allongé est vu de profil, et renferme une vacuole interne.

FIG. 169. Cellule spermatique semblable à la précédente, mais où le filament axial s'est dégagé de la cellule et pend au dehors.

FIG. 170. Cellule spermatique en peu plus avancée que celle de la fig. 168. L'étirement de cette cellule est déjà très prononcé, mais le filament axial n'est pas formé; tandis que dans la fig. 168 le filament axial existe, bien que la cellule n'ait pas encore subi d'étirement.

FIG. 171. Deux vues d'une même cellule spermatique. La figure de gauche est une vue de profil, celle de droite est une vue de face. Dans chacune, on remarque un espace vide entre le noyau et la membrane cellulaire; ce vide résulte de la résorption du cytoplasme. La membrane cellulaire y est appliquée en avant à la paroi de la vacuole; elle ne tardera plus à s'appliquer intimement sur tout le noyau, phénomène qui est accompli dans les cellules de la fig. 172.

FIG. 172. Deux vues d'une même cellule spermatique plus développée. La supérieure est une vue de profil, l'inférieure une vue de face. On y remarque les baguettes et les points d'épaississement de la partie antérieure du noyau.

Locusta viridissima.

FIG. 175. Métrocyte analogue à celle de la fig. 139. On y voit en *c* une enclave albuminoïde.

FIG. 176. Cellule spermatique. À côté du noyau et du filament axial, elle renferme une vacuole *v* semblable à la vacuole antérieure du spermatozoïde, mais n'affectant jusqu'ici aucun rapport avec le noyau. Ce dernier laisse voir encore des bâtonnets nucléiniens plongés dans une substance uniformément colorée par le vert de méthyle.

FIG. 177. Cellule spermatique. Le noyau est dans le même état que dans la figure précédente, seulement il porte une vacuole antérieure très développée.

FIG. 178. Cellule spermatique. Le noyau ne montre plus de bâtonnets nucléiniens; ces éléments sont dissouts et le noyau paraît formé d'une substance homogène, soit que le caryoplasma ait, comme les bâtonnets, subi la dissolution, soit qu'il se trouve seulement masqué par la réfringence de la nucléine dissoute. On remarque de plus dans ce noyau une vacuole interne. Dans le protoplasme se voit une petite enclave *e*.

FIG. 179. Cellule spermatique. Le noyau renfermé une vacuole. Le protoplasme contient une enclave *e* accolée au filament axial.

FIG. 180. Cellule spermatique. Le noyau porte deux vacuoles : l'une est la vacuole antérieure ordinaire; l'autre, postérieure, est une vacuole interne du noyau et semblable à la vacuole centrale de la fig. 178.

FIG. 181. Cellule spermatique analogue. Le noyau renfermé, comme dans la figure précédente, une vacuole interne située à la naissance du filament axial, et une vacuole antérieure; celle-ci est un peu plus volumineuse et la saillie antérieure du noyau qui s'y avance porte déjà les deux épaissements punctiformes.

FIG. 182. Cellule spermatique. L'étirement est poussé très loin, sans que le filament axial se montre encore.

FIG. 183. Cellule spermatique plus avancée. Le noyau, différencié dans sa forme, contient encore des bâtonnets nucléiniens.

FIG. 184. Cellule spermatique plus avancée : la saillie antérieure est plus développée.

FIG. 185. Stade suivant. La saillie antérieure s'est encore allongée, et ses épaissements punctiformes sont devenus proéminents.

FIG. 186. Cellule spermatique dans laquelle la saillie antérieure ne porte pas d'épaissements punctiformes.

FIG. 187. Cellule spermatique vue de face. Le noyau y passe de la forme d'une palette à celle d'une tige cylindrique. La membrane cellulaire jusqu'ici n'a pas suivi la déformation du noyau; aussi voit-on un espace vide entre elle et ce corps.

FIG. 188. Cellule spermatique plus avancée. La membrane cellulaire, qui était détachée du noyau dans la figure précédente, commence à s'en rapprocher; les crochets se dessinent.

FIG. 189. Cellule spermatique analogue. Les crochets se dirigent tous deux de manière à faire saillie sur l'une des faces du spermatozoïde, comme dans la fig. 162; ils sont moins allongés que dans la fig. 188.

FIG. 190. Cellule spermatique. Stade analogue à celui de la fig. 156 du *Decticus*; la saillie antérieure du noyau ne fait que s'y dessiner.

FIG. 191 et 192. Deux cellules spermatiques. Elles représentent de profil des cellules semblables à celle de la fig. 182.

FIG. 193. Cellule spermatique vue de profil : stade analogue à celui de la fig. 187. On y remarque sous la vacuole un petit espace triangulaire communiquant avec elle, et qui représente la cavité d'une des chambres latérales de cette vacuole; ces chambres, on se le rappelle, vont se trouver comprises dans les crochets.

FIG. 194. Cellule semblable mais plus volumineuse.

FIG. 195. Cellule spermatique plus avancée et vue de profil. Les deux crochets se dirigent en avant; on y remarque la baguette brillante qui part des points d'épaississements et qui constitue comme leur squelette. Les baguettes et les points sont très développés dans cette cellule.

FIG. 196. Cellule spermatique effilée possédant déjà un filament axial bien établi, tandis que son noyau n'est encore modifié ni dans sa forme, ni dans sa constitution interne.

FIG. 197. Cellule à quatre noyaux; le volume de ceux-ci indique que ce sont des noyaux spermatiques. Cette cellule va donner naissance à quatre spermatozoïdes; mais jusqu'ici il n'est pas possible de dire si le protoplasme va se diviser au préalable, ou si le filament axial va se découper dans sa masse indivise. L'un des noyaux contient une sphère nucléinienne, *n*, appliquée à la membrane.

FIG. 198. Faisceau de spermatozoïdes ayant atteint à peu près le stade de la fig. 184, dessiné sous un faible grossissement.

Libellula depressa.

FIG. 199. Colonie de métrocytes.

FIG. 200. Cellule spermatique.

FIG. 201. Cellule spermatique donnant naissance à deux spermatozoïdes. La membrane des noyaux a disparu et le filament nucléinien commence à se détendre.

FIG. 202. Cellule spermatique formant trois spermatozoïdes. Le déroulement du boyau est plus accentué que dans la figure précédente.

FIG. 203. Cellule spermatique engendrant deux spermatozoïdes. L'extension du boyau est encore plus prononcée.

FIG. 204. Trois cellules spermatiques contenant un boyau nucléinien bien dégagé.

FIG. 205, 206 et 207. Trois stades du changement de forme de la cellule spermatiques. Le boyau nucléinien se redresse en même temps que la cellule s'allonge. On remarquera que ce boyau est devenu plus court et plus épais que dans les stades précédents.

FIG. 208. Stade suivant. La cellule a pris la forme d'un fuseau et le protoplasme se réduit de plus en plus.

FIG. 209. Stade ultérieur. La membrane cellulaire s'est appliquée sur le bâtonnet nucléinien; le protoplasme a presque totalement disparu, il n'est plus représenté que par une petite portion incolore à l'extrémité effilée du spermatozoïde.

FIG. 210, 211, 212 et 213. Quatre stades de l'achèvement du spermatozoïde: La portion incolore, c'est-à-dire la queue, devient de plus en plus longue, tandis que la tête se raccourcit. Si l'on compare ces cellules spermatiques avec celles des figures 200 et 204, on constate qu'elles ont diminué de volume pendant la différenciation du spermatozoïde.

Panorpa vulgaris.

FIG. 214. Cellule spermatique en voie d'étirement. On peut constater dans cette figure le caractère unipolaire de l'étirement. Le noyau tout entier s'allonge, prend la forme d'un fuseau. L'élément nucléinien fusionné y revêt la forme d'un bâtonnet se continuant en arrière avec le filament axial.

Phryganea pilosa.

FIG. 215. Faisceau de spermatozoïdes en boucle. On remarque dans l'intérieur de la boucle les restes du noyau femelle, des bâtonnets nucléiniens et du caryoplasma; quant à la membrane nucléaire elle a disparu.

Aphrophora spumaria.

FIG. 216. Métrocyte uninucléée. Son noyau se prépare à la division, ainsi que l'indique la fragmentation du filament nucléinien en bâtonnets incurvés.

FIG. 217. Colonie de métrocytes, née d'une métrocyte semblable à la précédente.

FIG. 218. Cellule spermatique. Début de l'étirement unipolaire.

FIG. 219. Cellule spermatique. Le filament axial est formé. Dans le noyau, on voit l'élément nucléinien s'appliquer contre la membrane, laissant ainsi un espace vide au centre du noyau.

FIG. 220. Cellule spermatique formant deux spermatozoïdes. Le protoplasme contient une petite vacuole.

FIG. 221. Cellule spermatique. Une vacuole se montre au devant du noyau; celui-ci est en voie d'allongement: il renferme encore des bâtonnets nucléinien, mais ces corps sont plongés dans une substance contenant de la nucléine en solution, et se colorant uniformément. Ce noyau ne présente pas de vacuole interne.

FIG. 222. Faisceau de spermatozoïdes. Les têtes ne portent pas de vacuole antérieure ni de vacuole interne.

FIG. 223. Deux cellules spermatiques. La tête renferme une ou deux vacuoles intérieures, résultant de l'espace central, déjà visible dans la figure 219 avant la fusion de l'élément nucléinien.

FIG. 224. Cellule spermatique dont le noyau fusiforme ne contient ni vacuole ni bâtonnets nucléiniens; ceux-ci sont entièrement dissouts.

FIG. 225. Spermatozoïde presque achevé: stade faisant suite à celui de la fig. 223. La vacuole antérieure persiste; le vide central du noyau est devenu, dans la tête, une simple fente.

Velia currens.

FIG. 226. Faisceau de spermatozoïdes. A la partie antérieure on voit une masse considérable de protoplasme encore limitée par la membrane de la colonie spermatique. Cette membrane, au niveau des têtes, s'est rompue et a laissé échapper toute la portion postérieure du faisceau qui y était pelotonné. En *t*, se voient les têtes qui sont très courtes; elles sont surmontées d'un segment procéphalique très développé. En arrière d'une grande vacuole, traversée par le faisceau, on aperçoit le petit noyau femelle, dont le graveur a omis d'exécuter l'intérieur; (le petit corps ovale qui se voit sur le côté du faisceau n'est donc pas une vacuole, ainsi que semble l'indiquer cette figure, mais un noyau).

Notonecta glanca.

227. Portion antérieure d'un faisceau de spermatozoïdes montrant de nombreux noyaux femelles sur les côtés. Ces spermatozoïdes ont près d'un centimètre et demi de longueur.

Ichneumonide non déterminé.

228. Spermatozophore en bouquet : *x*, culot de substance réfringente homogène.

PLANCHE VII. (Orthoptères, Fig. 173 et 174, 229 à 239. —
Arachnides, Fig. 240 à 310).

Gr. : FIG. 173 et 239 : D, 1. — FIG. 174, 229 à 238, 240 à 276, 304 à 330 : 1/12, 4. —
FIG. 277 à 285 : F, 1. — FIG. 286 et 287, 1/12, 1. —
FIG. 288 et 293 : F, 4. — FIG. 289 à 292, 294 à 303 : 1/18, 4.

Locusta viridissima.

173. Faisceau de spermatozoïdes. Ces éléments sont groupés en petits faisceaux secondaires.

174. Un des groupements secondaires vu de face.

229. Autre groupement secondaire, vu de face également, mais à un stade moins avancé que le précédent.

230. Tronçon de spermatozophore. A l'extrémité inférieure se voit un spermatozoïde détaché des autres. Ce tronçon présente à la vue la gouttière que laissent entre eux les bras des ancras procéphaliques soudées. La profondeur de cette gouttière et le relief de ses bords sont peu indiqués dans cette figure, c'est là du reste un effet difficile à obtenir dans les représentations de cet objet. L'axe du spermatozophore est formé d'une substance homogène; sur ses parties latérales se voient deux séries longitudinales de traits transversaux produits par les petites portions élargies que l'on aperçoit à la base des branches dans les fig. 231 et 233, où elles sont désignées par les lettres *x* et *y*.

231. Tronçon de spermatozophore en destruction, vu de profil. Un seul des bras de l'ancre est visible dans chaque spermatozoïde; l'autre, situé en dessous, est caché par le premier. Les portions comprises entre les lettres *i* et *f* sont les pièces de chaque spermatozoïde qui se soudent entre elles pour former l'axe du spermatozophore. Cet axe dans le spermatozophore achevé porte en avant la gouttière qui est vue de face dans la fig. 230, et qui n'est autre que l'espace compris dans l'écartement des ancras; en arrière il donne attache aux portions des spermatozoïdes qui ne se soudent pas.

232 en 233. Ancres procéphaliques, trouvées en grand nombre dans une préparation du contenu de l'oviducte. Les portions comprises entre les lettres *x* et *y* sont celles qui se soudent. Il est probable que les petites portions élargies *x* et *y* ne se soudent pas et produisent les deux séries de traits transversaux qui, dans les spermatozophores examinés de face, s'aperçoivent le long de l'axe homogène (fig. 230).

234 et 235. Groupements d'ancres, trouvés dans la même préparation. Dans la fig. 234 elles affectent encore les unes vis-à-vis des autres la position qu'elles ont dans le spermatozophore inaltéré. Dans la fig. 235 elles sont décollées et tombées à plat sur le porte-objets.

FIG. 236. Spermatozoïde provenant de la rupture d'un spermatophore.

FIG. 237. Groupement de spermatozoïdes tiré de l'oviducte. Ces éléments y affectent la même disposition que dans la fig. 174 qui représente non pas un stade de la destruction du spermatophore, mais un stade de son édification dans le spermiducte.

FIG. 238. Groupement analogue à celui de la fig. 231 et tiré de la même préparation, seulement les spermatozoïdes y affectent une disposition qui reste énigmatique pour nous, bien qu'elle soit susceptible d'interprétation, ainsi qu'il est dit dans le texte.

FIG. 239. Spermatophore de *Locusta viridissima*, vu sous un faible grossissement.

Tetragnatha extensa.

FIG. 240. Métrocyte uninucléée.

FIG. 241, 242, 243. Trois stades de la multiplication des noyaux dans une métrocyte semblable.

FIG. 244. Stade ultérieur. Colonie de métrocytes nées simultanément par la division protoplasmique d'une métrocyte multinucléée.

FIG. 245. Stade ultérieur. Les métrocytes de la colonie se sont segmentées et ont donné naissance à des cellules plus petites; les dimensions et le nombre de celles-ci permettent de les considérer comme des cellules spermatiques.

FIG. 246. Cellule spermatique isolée. Son noyau renferme un boyau nucléinien très distinct.

FIG. 247. Cellule spermatique plus avancée. La membrane du noyau a disparu et le boyau nucléinien s'est légèrement déroulé.

FIG. 248. Stade ultérieur. Le boyau nucléinien s'est allongé et déroulé davantage; de plus il est en relation avec un filament axial incolore, et pelotonné comme lui dans la masse du protoplasme.

FIG. 249. Cellule spermatique subissant l'allongement unipolaire.

FIG. 250 et 251. Deux stades ultérieurs de cet allongement.

FIG. 252. Spermatozoïde achevé.

FIG. 253. Cellule spermatique formant deux spermatozoïdes.

FIG. 254. Cellule spermatique devant organiser quatre spermatozoïdes.

FIG. 255. Stade ultérieur du développement de la cellule précédente.

FIG. 256. Cellule spermatique multinucléée.

FIG. 257. Stade ultérieur du développement de la cellule précédente. La division du protoplasme s'est effectuée, et les noyaux présentent déjà des modifications internes: l'élément nucléinien, après s'être fusionné, s'est blotti contre la membrane nucléaire et a pris la forme d'un anneau. Plusieurs de ces anneaux sont brisés et entrouverts.

FIG. 258. Cellule spermatique tirée d'une colonie dont beaucoup de cellules présentaient l'aspect qu'elles offrent dans la colonie de la fig. 357. Elle montre un stade plus avancé de la formation de la tête du spermatozoïde: en effet le corps nucléinien, qui précédemment revêtait la forme d'un anneau, s'y est accru en longueur tout en se pelotonnant un peu dans le cytoplasma; la membrane nucléaire a disparu.

Tegenaria atrica.

FIG. 259. Colonie de métrocytes.

FIG. 260. Métrocytes résultant de la division des précédentes.

FIG. 261 et 262. Deux stades de la segmentation binaire d'une métrocyte de plus petite taille.

FIG. 263. Colonie de quatre métrocytes formées par voie endogène.

FIG. 264. Cellule spermatique uninucléée.

FIG. 265 et 266. Deux stades de la formation du spermatozoïde dans une cellule spermatique uninucléée. La nucléine fusionnée s'est rétractée au centre du noyau en prenant une forme ovoïde; dans la seconde figure cette forme s'est modifiée, la nucléine y revêt la forme d'un croissant.

FIG. 268, 260 et 267. Trois stades de la formation des spermatozoïdes dans une cellule spermatique binucléée.

FIG. 270 à 273. Quatre stades de la transformation du noyau dans une cellule spermatique quadrinucléée.

FIG. 274. Stade plus avancé. Le corps nucléinien s'est détendu et a rompu la membrane nucléaire dont il porte encore des lambeaux.

FIG. 275. Deux cellules spermatiques binucléées, encore unies par une plaque cellulaire.

FIG. 276. Cellule spermatique extraite du canal vaginal de la femelle.

Agelena labyrinthica.

FIG. 277 à 279. Trois stades de la multiplication des noyaux dans une métrocyte,

FIG. 280 et 281. Deux stades de la transformation des noyaux dans une cellule spermatique quadrinucléée.

FIG. 282 et 283. Deux stades du même développement dans une cellule spermatique à deux noyaux.

FIG. 284. Cellule spermatique contenant huit noyaux.

FIG. 285. Cellule semblable dans laquelle s'organisent les spermatozoïdes. La lettre *d* marque un spermatozoïde vu par son bord convexe.

Lycosa.

FIG. 286 et 287. Deux spermatozoïdes présentant un segment caudal très court.

Phalangium longipes.

FIG. 288. Colonie de métrocytes.

FIG. 289 à 293. Développement d'une métrocyte qui devient multinucléée puis forme, par voie endogène, une nouvelle colonie de métrocytes plus petites que les premières.

FIG. 294 et 295. Segmentation binaire d'une des métrocytes de la colonie précédente.

FIG. 296. Cellule spermatique résultant de la segmentation binaire des mêmes métrocytes.

FIG. 297. Colonie de cellules spermatiques, dérivant d'une colonie de métrocytes, semblable à celle de la fig. 288. L'augmentation du nombre des cellules est le résultat de la segmentation binaire qui a envahi les métrocytes. Le noyau de ces cellules spermatiques contient un anneau que le vert de méthyle colore assez vivement: c'est l'élément nucléinien qui, en se fusionnant, s'est rétracté de manière à laisser au centre du noyau aplati un espace vide.

FIG. 298. Cellule spermatique isolée et vu à un fort grossissement.

FIG. 299. Cellule spermatique formant deux spermatozoïdes.

FIG. 300. Cellule spermatique dans laquelle l'anneau nucléinien est brisé.

FIG. 301. Cellule spermatique ou spermatozoïde. Une très faible zone de protoplasme entoure encore l'anneau nucléinien.

FIG. 302 et 303. Cellules spermatiques dans lesquelles l'anneau, après s'être fixé, s'est détendu. La rencontre assez fréquente de ces éléments semble indiquer que la forme du spermatozoïde parfait n'est pas celle d'un corps lenticulaire mais bien celle d'une tigelle semblable au spermatozoïde des aranéides ou à celui de la *Libellula depressa*.

FIG. 304. Très petite métrocyte en caryocinèse; elle va donner naissance à deux cellules spermatiques (voir p. 136, ligne 21).

Buthus occitanus.

FIG. 305 et 306. Deux métrocytes.

FIG. 307. Colonie de métrocytes.

FIG. 308. Métrocyte multinucléée. La pelotte nucléinienne dans certains noyaux présente une disposition radiée.

FIG. 309. Colonie de cellules spermatiques.

FIG. 310. Faisceau de spermatozoïdes, enroulé dans la membrane épaisse de la colonie spermatique.

PLANCHE VIII. (Isopodes, Fig. 311 à 334. —

Amphipodes, Fig. 337 à 356).

Gr.: FIG. 311, 313 à 328, 331 à 356: 1/12, 4. — FIG. 312: F, 1. — FIG. 329 et 330: 1/12, 1

Oniscus asellus.

FIG. 311. Cellules qui remplissent l'extrémité supérieure des cœcums testiculaires.

FIG. 312. Cellules de l'épithélium qui tapisse la canal déférent jusqu'à la base des cœcums. Les fig. 313, 314 et 315 représentent trois des noyaux que l'on trouve toujours en quantité plongés dans une masse indivise de protoplasme.

FIG. 313. Noyau libre entouré d'un peu de protoplasme: il est en voie de division par étranglement et l'élément nucléinien y est très fragmenté.

FIG. 314. Autre noyau libre se divisant également; le filament nucléinien y est gros et tortillé de manière à former une pelotte serrée.

FIG. 315. Noyau libre montrant le pointillé que porte sa membrane.

FIG. 316. Métrocyte à deux noyaux.

FIG. 317. Métrocyte à six noyaux.

FIG. 318. Stade plus avancé d'une métrocyte à six noyaux. Les noyaux se sont allongés et sont contenus dans des masses piriformes de protoplasme attachées au corps de la cellule par un pédicelle. Ces masses piriformes sont nées sous la forme de protubérances sur une métrocyte à six noyaux. Dans la fig. 322 on voit un stade moins avancé de la formation de ces protubérances.

FIG. 319. Grappe un peu plus avancée que la précédente; les pédicelles des masses piriformes se sont amincis. Cette figure diffère de la précédente par l'état des noyaux: tout l'élément nucléinien y est dissout, et les noyaux, en forme de larme, paraissent formés d'une substance homogène et se colorant uniformément par le vert de méthyle; tandis que dans la fig. 318, le filament nucléinien est resté intact pendant l'allongement du noyau, qui n'a fait que donner aux anses nucléiniennes une disposition parallèle.

FIG. 320. Stade plus avancé d'un élément semblable au précédent. Le noyau y est profondément modifié : sa membrane a disparu et son filament nucléinien apparaît comme un écheveau plongé dans le protoplasme de la protubérance qui le contient. Les six masses piriformes de la fig. 318 se sont allongées et transformées en un cordon irrégulier. On voit pénétrer dans chacune d'elles un fil très mince, c'est le filament axial du spermatozoïde ; il représente le premier rudiment de la hampe ou queue du spermatozoïde, et il s'édifie à la manière ordinaire dans le réseau plasmatique.

FIG. 321. Stade ultérieur du développement des masses piriformes. Celles-ci ont pris la forme de minces cordons portant encore un renflement à leur extrémité libre. Ces cordons contiennent dans leur axe un filament nucléinien homogène qui se pelotonne sur lui-même dans le renflement terminal.

FIG. 322. Élément en grappe analogue à ceux des fig. 318 et 319, mais portant sept protubérances au lieu de six, qui est le nombre le plus ordinaire. Ces protubérances contiennent un filament nucléinien pelotonné se continuant jusque dans le corps de la métrocyte. Qu'elle est l'origine de ce filament ? Il est clair qu'il vient du noyau. Les noyaux homogènes de la fig. 319, où la dissolution de la nucléine a été précoce, lui ont peut-être donné naissance en s'étirant de bonne heure, avant même que les protubérances plasmatiques ne se soient développées en longueur. Mais il n'est pas impossible que ce cordon ne soit tout simplement le boyau nucléinien du noyau, qui se serait seulement déroulé sans subir de fusion ni de dissolution ; il suffirait en effet que le boyau nucléinien des six noyaux de la fig. 317 s'épaississe un peu et devienne libre dans le protoplasme, pour qu'il prenne exactement l'aspect du cordon interne des protubérances.

FIG. 323. Élément en grappe plus avancé que ceux des fig. 318 et 319. Le développement des protubérances y est un peu différent. En effet, au lieu de se détacher du corps de la cellule, elles restent accolées à mesure qu'elles descendent ; le filament nucléinien qu'elles contiennent se déroule et rentre dans le corps de la cellule. Dans le protoplasme s'aperçoivent déjà les hampes.

FIG. 324. Élément en grappe, semblable au précédent mais plus avancé. Les protubérances continuant à descendre le long du corps de la cellule sont arrivées à son extrémité inférieure ; elles ne tarderont pas à se fusionner. Les hampes ne sont pas encore formées.

FIG. 325. Stade un peu plus avancé : on voit les hampes incolores sortir d'une certaine longueur par l'extrémité brisée de la métrocyte.

FIG. 326. Élément semblable au précédent : les filaments nucléiniens qui vont devenir les flagellums sont moins amincis, et ils se terminent d'une manière peu distincte en haut. Ainsi que le montrait l'absence de coloration de tout le faisceau qui occupe l'extrémité supérieure de la métrocyte, les filaments nucléiniens ne s'avancent pas jusqu'à cette extrémité ; ils s'arrêtent au point où les hampes incolores deviennent parallèles.

FIG. 327. Faisceau de spermatozoïdes plus avancés. Il représente un stade ultérieur du développement d'un élément du genre de ceux qui se voient dans les fig. 320 et 321. Les flagellums sont complètement extérieurs au corps de la cellule-mère qui ne contient que les hampes. Les flagellums se relient à leur hampe en formant une boucle. Un filet aminci termine le faisceau à son extrémité supérieure.

FIG. 328. Faisceau dérivant probablement d'un élément du genre de ceux des fig. 323, 324, 325 et 326. Les filaments nucléiniens étaient donc contenus dans le corps de la mé-

trocyte, mais les manipulations les en ont fait sortir; ils sous-tendent maintenant sur une certaine longueur le faisceau incurvé des hampes. Il n'est pas impossible que ce faisceau dérive aussi d'éléments du genre de celui de la fig. 327; il faudrait alors que la rentrée des flagellums eût été tardive.

FIG. 329. Portion antérieure d'un faisceau de spermatozoïde ou, si l'on veut, d'un spermatoaphore.

FIG. 330. Élément semblable, mais plus avancé; les flagellums, encore libres, sont beaucoup plus longs que dans la figure précédente.

Asellus aquaticus.

FIG. 331. Spermatooblaste assez jeune. On y remarque l'énorme noyau femelle dans lequel la nucléine est réunie en sphérules; la plus grande de celles-ci présente une vacuole, particularité qui s'observe communément dans les productions de cette espèce. Le caryoplasma est très abondant et vacuoleux. Autour du noyau femelle sont disséminés des noyaux plus petits, ce sont des noyaux mâles; en se multipliant ils donneront naissance aux noyaux spermatisques, destinés à former les flagellums.

FIG. 332. Élément plus avancé. Les noyaux présentent les premiers indices de la formation des flagellums. Le fil nucléinien s'est blotti contre la membrane.

FIG. 333. Stade plus avancé. Les noyaux deviennent fusiformes, et leur extrémité amincie se continue dans un cordon auquel le vert de méthyle imprime une coloration intense; ce cordon est bien un filament nucléinien. Il paraît résulter de la fusion et de l'étirement de tout le contenu nucléinien du noyau. Cet objet est d'une observation délicate et il est difficile de décider si, dans certains noyaux, toute la nucléine se fusionne en même temps qu'elle sort du noyau, ou si le filament nucléinien ne fait que se dérouler. Les hampes sont déjà formées dans le protoplasme. Il est remarquable que la plupart des noyaux sortis de la métrocyte ne sont pas enveloppés d'une couche de protoplasme.

FIG. 334. Grand spermatooblaste montrant des protubérances semblables à celles de l'*Oniscus*. Les noyaux qu'elles contenaient ont déjà donné naissance au filament nucléinien du flagellum. Contrairement à ce qui s'observe dans la figure précédente, ces noyaux devaient être entourés d'une masse considérable de protoplasme qui, après l'étirement des protubérances, sera utilisée dans la formation des massues terminales des flagellums; (voir fig. 335), tandis que, dans le cas de la fig. 333, les restes du noyau contribueront presque seuls à former ces massues.

FIG. 335. Faisceau de spermatozoïdes. La partie filiforme des flagellums se colore vivement dans le vert de méthyle, tandis que la portion renflée qui les termine y reste incolore; cette dernière portion se colore au contraire dans la safranine.

Les flagellums se rattachent à l'extrémité supérieure des hampes, mais leur point d'attache est caché par une substance abuminoïde visqueuse, charriant des granules et des vacuoles, et formant autour du faisceau une gaine opaque. Le plus souvent toute la partie supérieure des faisceaux est entourée d'une masse si considérable de cette substance, que les flagellums s'y trouvent entièrement cachés.

Nous ferons remarquer que le nombre de noyaux que contient le spermatooblaste de l'*Asellus aquaticus*, et par suite le nombre de flagellums d'un faisceau, est ordinairement plus grand que dans les objets figurés; ce nombre a été réduit à dessein pour atténuer la difficulté de l'exécution de ces figures compliquées.

FIG. 336. Extrémités de deux flagellums moins avancés.

Gammarus pulex.

FIG. 337 à 339. Métrocytes.

FIG. 340. Cellule spermatique, née par simple segmentation binaire ; son noyau n'a encore subi aucune modification.

FIG. 341. Cellule spermatique dont tout l'élément nucléinien est fusionné, et s'est rétracté au centre du noyau.

FIG. 342, 343, 345 à 349. Divers stades de la transformation du noyau en tête, dans les cas où la nucléine se fusionne en une masse centrale. On peut y suivre aussi le changement de forme de la cellule spermatique; *v*, vacuole; *e*, enclave albuminoïde.

FIG. 344, 350, 351 et 355. Divers stades de la transformation du noyau en tête, dans le cas où l'élément nucléinien, au lieu de se fusionner, s'est dissout dans le plasma nucléaire.

FIG. 352 et 353. Cellules spermatiques dans lesquelles l'élément nucléinien, lors de sa rétraction, ne s'est détaché de la membrane nucléaire qu'en avant ; ce qui a causé la production d'une vacuole antérieure, au lieu de l'espace circulaire de la fig. 342.

FIG. 354. Autre variation dans la rétraction de la nucléine.

FIG. 355. Spermatozoïde approchant de la maturité ; sa tête dérive d'un noyau où l'élément nucléinien s'était dissout dans le caryoplasma.

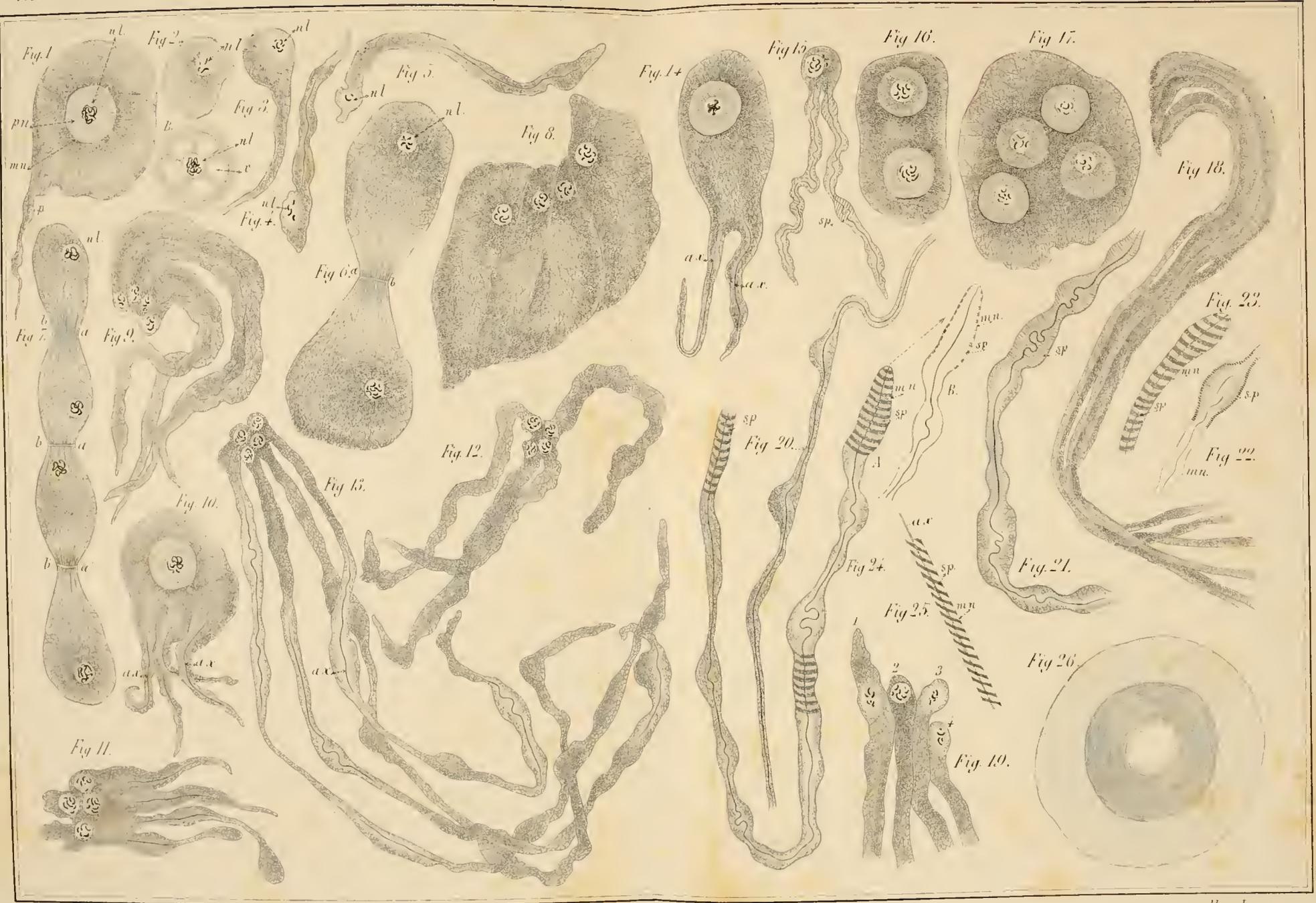
FIG. 356. Spermatozoïde à peu près achevé. Sa tête dérive d'un noyau où la nucléine s'était fusionnée et rétractée ; on n'y voit plus d'espace vacuolaire.

ERRATA.

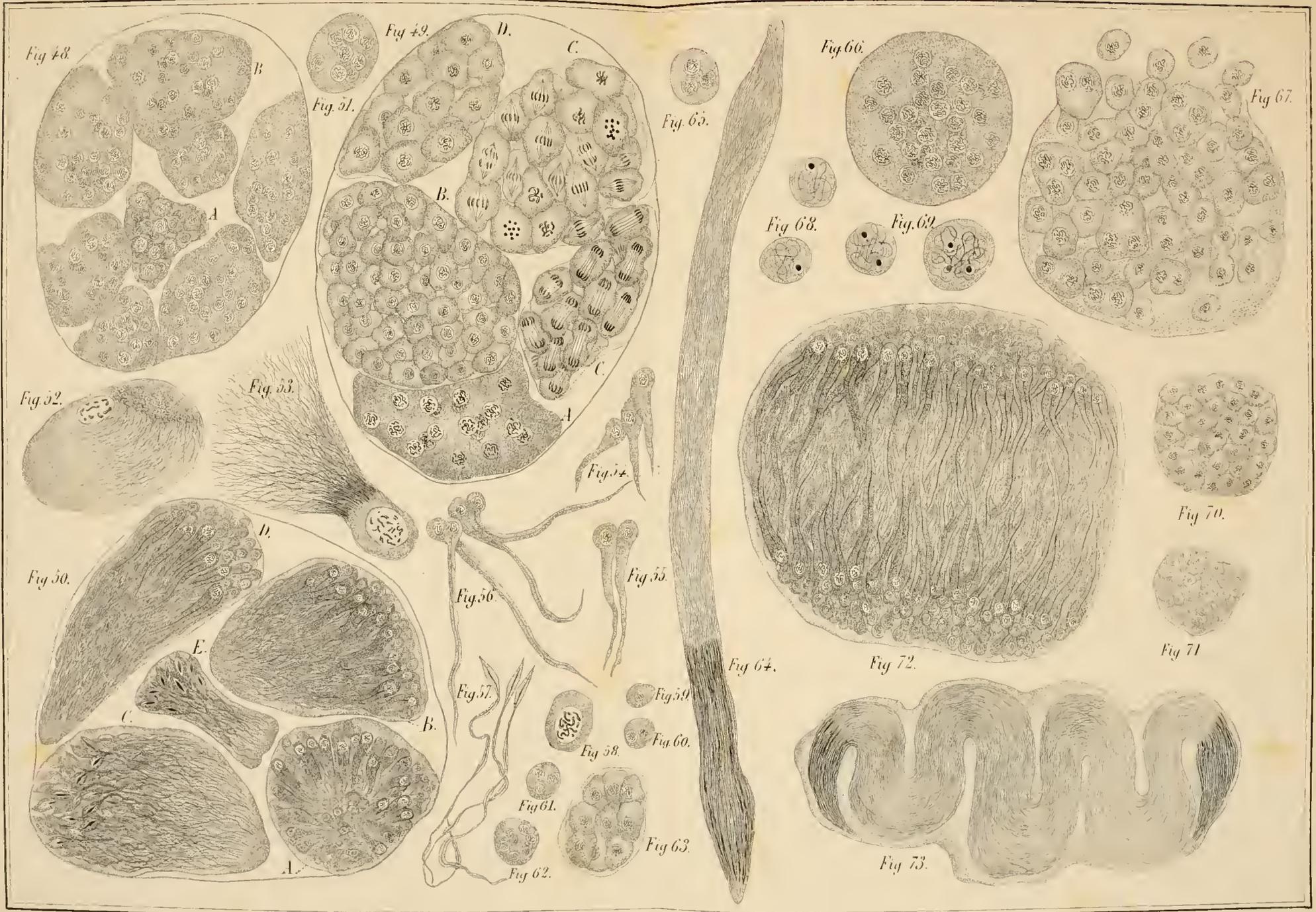
Page 85, ligne 2 : Au lieu de : FIG. 80 à 104, lire : FIG. 85 à 102.

Page 91, ligne 34 : Au lieu de : FIG. 112, lire : FIG. 122.

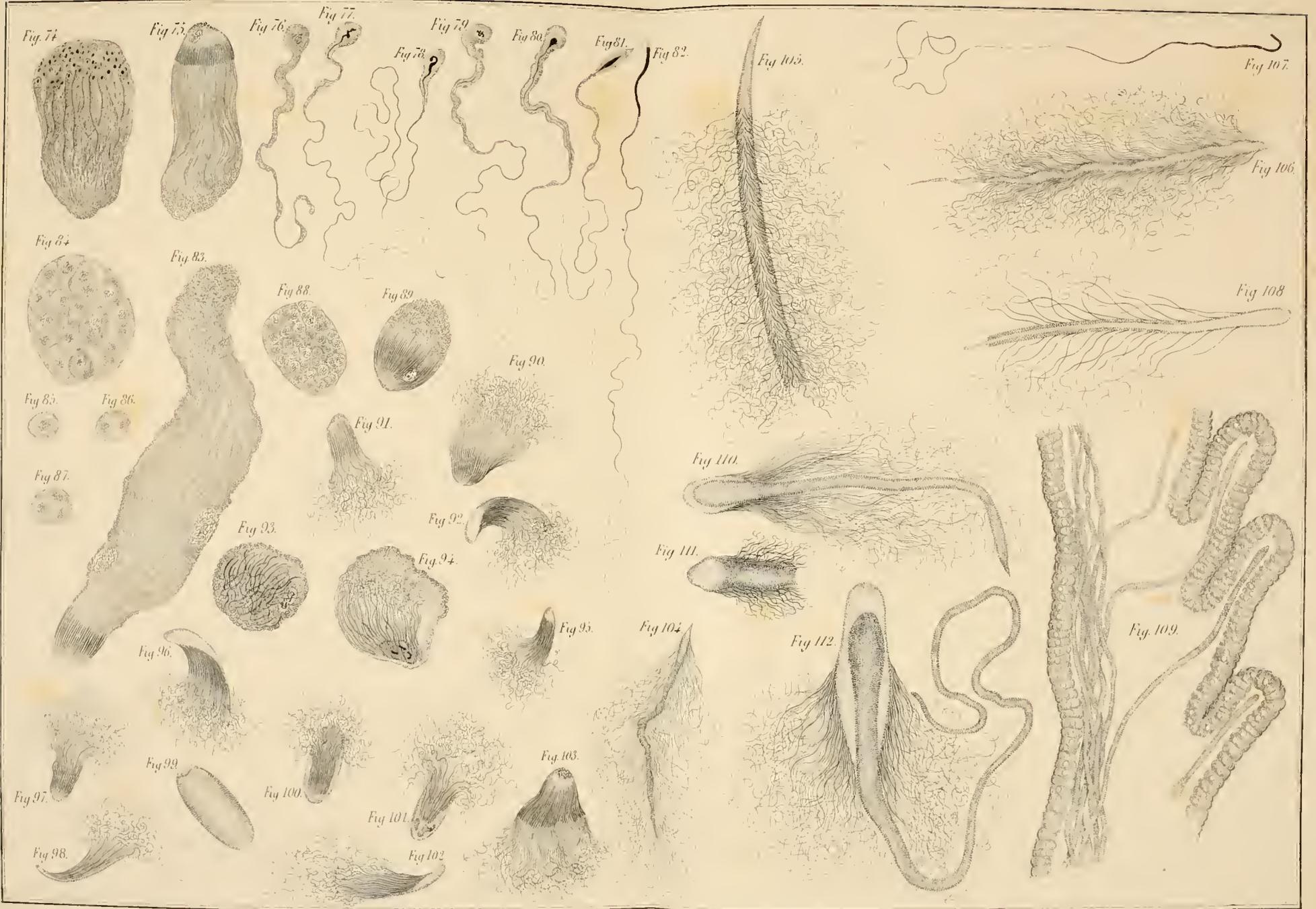
Page 124, ligne 16 : Au lieu de : FIG. 223, lire : FIG. 225.

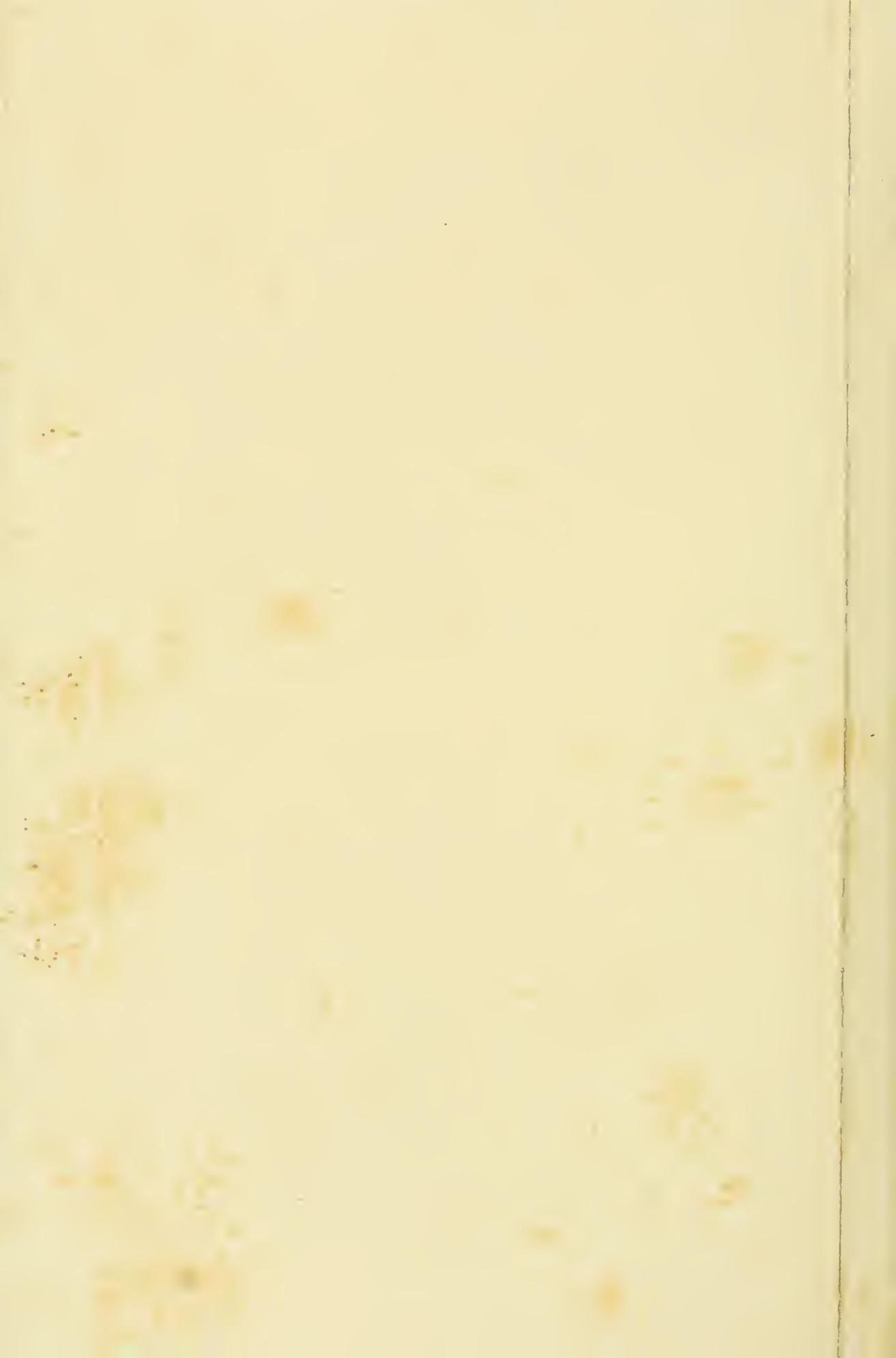




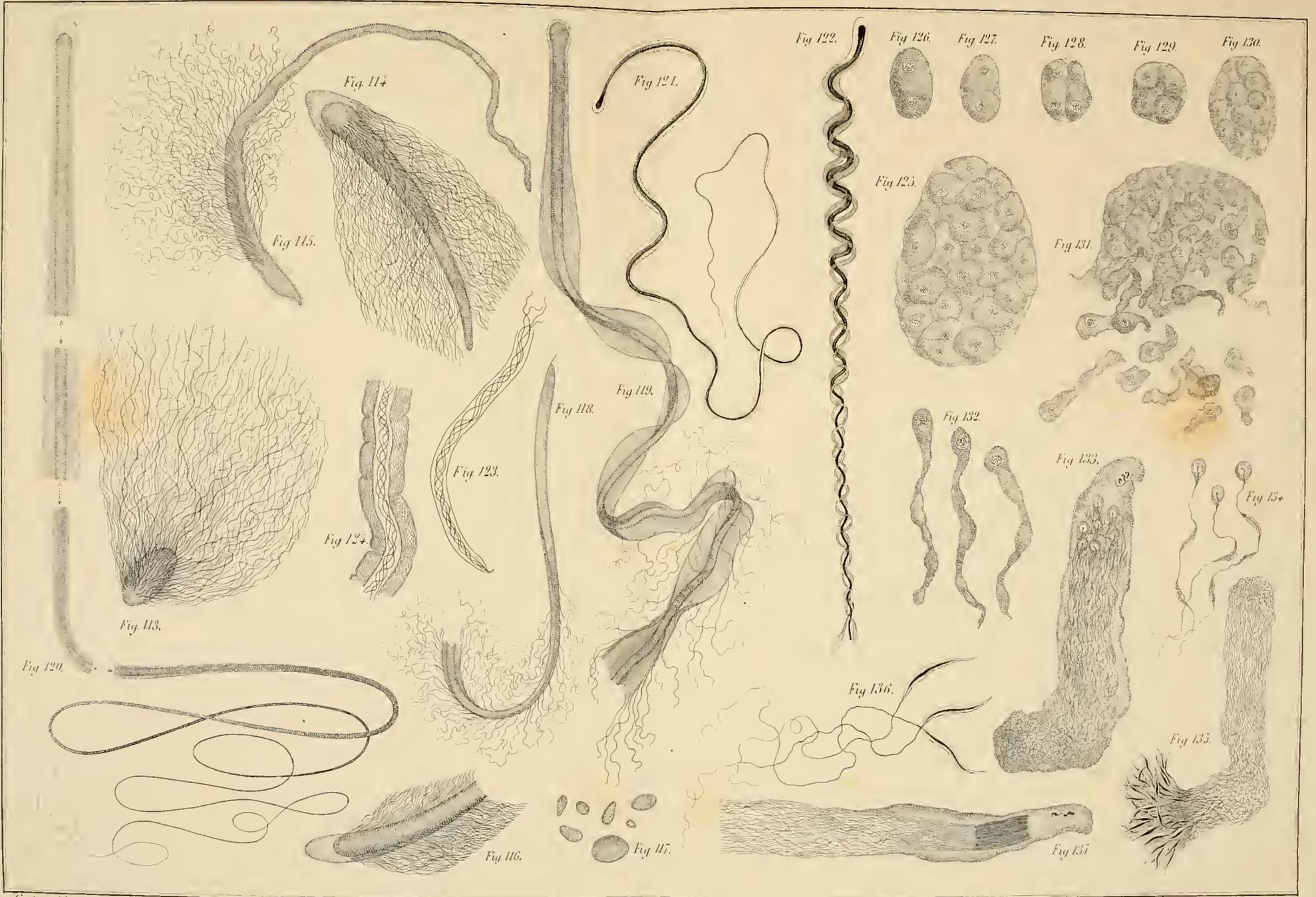


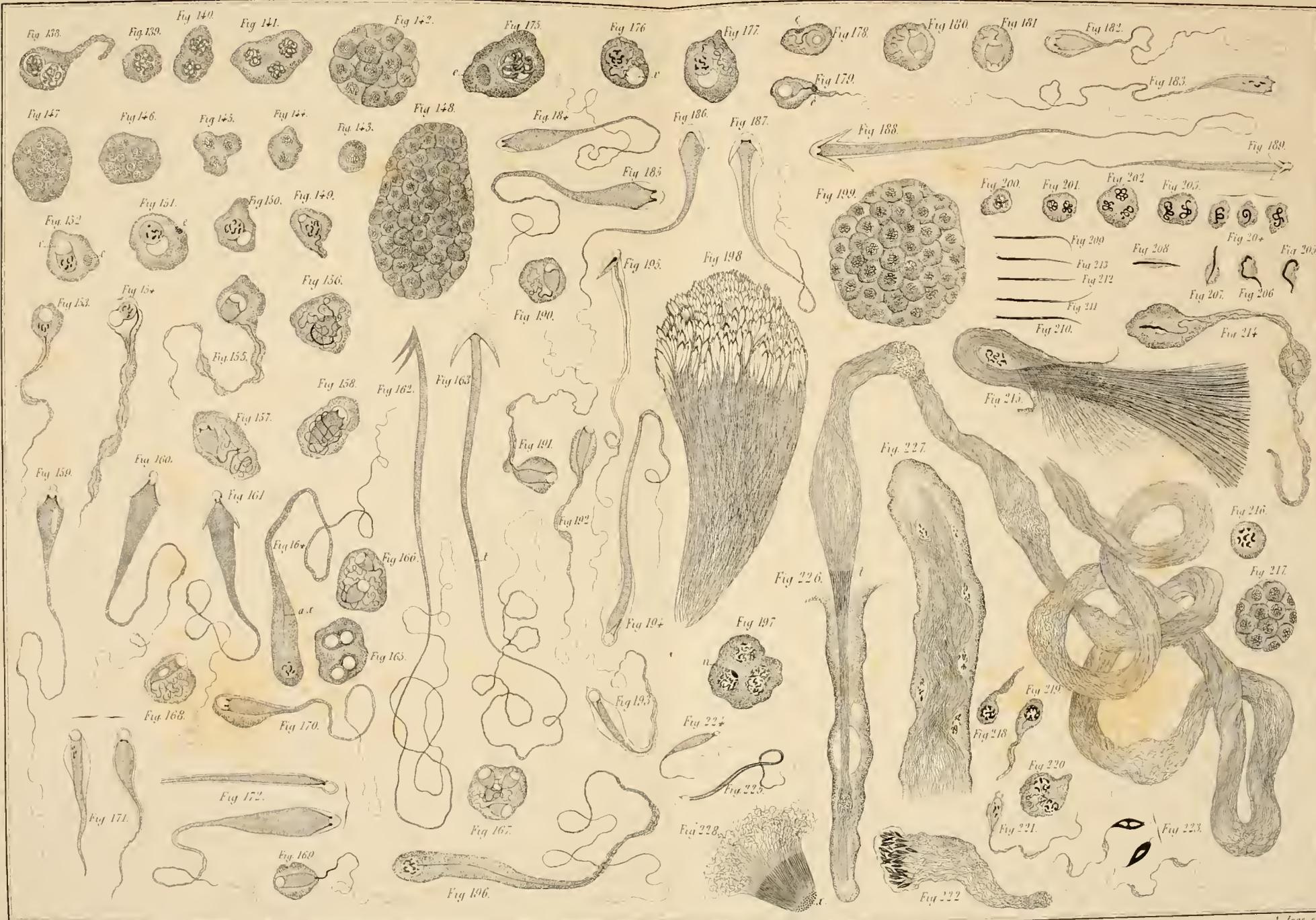
Coleoptères.





Coléoptères - Diptères.





Colleptères. — Arachnides.

