

- 25 LEYDIG. *Untersuchungen zur Anatomie u. Histologie der Thiere*. Bonn, 1883.
 26 — *Zelle und Gewebe*. Bonn, 1885.
 27 NAEGELI et SCHWENDENER. *Das Mikroskop. Theorie u. Anwendung desselben*. 1877.
 28 C. NAEGELI. *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*. München und Leipzig, 1884.
 29 PFITZNER. *Beiträge zur Lehre vom Bau des Zellkerns u. seinen Theilungserscheinungen*. *Archiv f. mikrosk. Anatomie*. Bd. XXII. 1883.
 30 V. RATH. *Ueber eine eigenartige polycentrische Anordnung des Chromatins*. *Zoolog. Anzeiger*, 1890.
 31 RAUBER. *Neue Grundlegungen zur Kenntniss der Zelle*. *Morphol. Jahrb.* VIII. 1882.
 32 REINKE et H. RODEWALD. *Studien über das Protoplasma. Untersuchungen aus dem botanischen Institut der Universität Göttingen*. Heft 2. 1881.
 33 SACHS. *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*. 1882.
 34 SCHAEFER et E.-R. LANKESTER. *Discussion on the present aspect of the cell question*. *Nature*, vol. XXXVI, 1887.
 35 SCHIEFERDECKER et KOSSEL. *Gewebelehre mit besonderer Berücksichtigung des menschl. Körpers*.
 36 SCHMITZ. *Untersuchungen über die Structur des Protoplasmas und der Zellkerne der Pflanzenzellen*. *Sitz.-Ber. der Niederrh. Gesellsch. f. Natur u. Heilk.* Bonn, 1880.
 37 FRANK SCHWARZ. *Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas*. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*. Bd. V. Breslau, 1887.
 38 SOLGER. *Zur Kenntniss der Pigmentzellen*. *Anatomischer Anzeiger*. Jahrb. VI. S. 162.
 39 STRASBURGER. *Zellbildung und Zelltheilung*. 2. Aufl. Jena, 1876.
 40 — *Studien über das Protoplasma*. *Jenaische Zeitschr.* 1876. Bd. X.
 41 — *Das botanische Practicum*.
 42 WIESNER. *Elementarstructur und Wachsthum der lebenden Substanz*.
 43 ZACHARIAS. *Ueber den Zellkern*. *Botanische Zeitung*. 1882, p. 639.
 44 — *Ueber Eiweiss, Nuclein und Plastin*. *Botanische Zeitung*, 1883.
 45 — *Ueber den Nucleolus*. *Botanische Zeitung*. 1885.
 46 ZACHARIAS. *Beiträge zur Kenntniss Zellkerns u. der Sexualzellen*. *Botan. Zeitung*. 1887. Bd. XLV.
 47 ZACHARIAS. *Ueber die Zellen der Cyanophyceen*. *Botanische Zeitung*. 1890.
 48 LIST. *Untersuch. über das Cloakenepithel der Plagiostomen*. *Sitzungsber. der kais. Acad. der Wissensch. zu Wien*. Bd. XCII, III. Abth. 1885.
 49 MIESCHER. *Verhandl. der naturforschenden Gesellschaft in Basel*. 1874.
 50 AUERBACH. *Organologische Studien*. Heft I. 1874.

CHAPITRE III

PROPRIÉTÉS VITALES DE LA CELLULE

I. — PHÉNOMÈNES DE MOTILITÉ

Tous les mystères de la vie des plantes et des animaux existent déjà en germe dans la simple cellule. Toute cellule possède sa vie propre au même titre que l'organisme le plus complexe. Si nous voulons donc pénétrer plus à fond dans l'essence du protoplasme et du noyau, nous devons, avant tout, étudier essentiellement leurs propriétés vitales. Mais la vie même de l'organisme élémentaire le plus simple est un phénomène extraordinairement compliqué et difficile à définir. Elle se manifeste par les changements qu'éprouve constamment la cellule, en vertu de sa propre organisation, sous les influences du monde extérieur et par les forces qu'elle engendre ; d'où il résulte que sa substance organique et se détruit continuellement et se régénère sans cesse. Comme l'a dit Claude Bernard (IV, 1 a), tout le processus de la vie repose sur cette destruction et cette néoformation organiques constantes.

Ce processus, le plus complexe de tous, nous devons le répartir en quatre groupes de phénomènes. Tout organisme élémentaire vivant nous montre, en effet, quatre fonctions ou propriétés fondamentales, par lesquelles se manifeste sa vie. Il peut changer de forme et exécuter des mouvements. Il réagit diversement sous l'action des excitants du monde extérieur : il est donc irritable. Il peut se nourrir, c'est-à-dire incorporer, absorber des substances, les transformer et en rejeter d'autres ; il est donc capable d'engendrer des substances qui servent à son accroissement, à la formation des tissus et des produits spécifiques de la vie. Enfin, il peut se reproduire.

Nous décrirons donc les propriétés vitales de la cellule dans les quatre chapitres suivants :

- 1° Les phénomènes de motilité ;
- 2° Les phénomènes d'irritation ;
- 3° La nutrition et l'activité formatrice ;
- 4° La reproduction.

Nous terminerons par un chapitre spécialement consacré aux phénomènes de la fécondation.

L'étude comparative nous apprend que, dans le corps de la cellule, peuvent s'accomplir *diverses formes de mouvements*. Nous distinguons : 1° le mouvement propre du protoplasme ; 2° le mouvement des cils et fouets vibratiles ; 3° le mouvement des vacuoles contractiles ; 4° les mouvements et changements de forme passifs du corps de la cellule.

Indépendamment de ces phénomènes de motilité, il en est encore quelques-uns, plus spéciaux, que nous traiterons à part quand l'occasion se présentera, par exemple le mamelon de conception ou cône d'attraction, que produit la cellule-œuf au moment de la fécondation, les figures radiées qui se manifestent au voisinage du spermatozoïde quand il a pénétré dans l'œuf, ainsi que lors de la division cellulaire ; enfin, la division du corps de la cellule en deux ou plusieurs segments lors du processus de la segmentation.

I. — Mouvement du protoplasme

Bien qu'il soit probable que tout protoplasme puisse accomplir des mouvements, cependant nos moyens actuels d'investigation ne nous permettent généralement pas de les percevoir, parce qu'ils s'exécutent avec une extrême lenteur. Seuls certains objets appartenant au règne animal et au règne végétal conviennent à l'étude et à la démonstration de ce phénomène. Cette propriété se manifeste, d'une part, par des changements dans la forme extérieure du corps cellulaire et, d'autre part, par des changements de position des parties contenues dans le protoplasme, comme le noyau, les granulations et les vacuoles.

Ces phénomènes sont, en outre, quelque peu différents, selon que le corps protoplasmique est nu ou enveloppé d'une membrane solide.

a) MOUVEMENTS DU CORPS PROTOPLASMIQUE NU

De petits organismes monocellulaires, les corpuscules blancs du sang, les corpuscules lymphatiques, les cellules de tissu conjonctif, etc., exécutent des mouvements appelés amœboïdes, parce que c'est chez les Amibes que nous en voyons les plus beaux exemples.

Si l'on observe, dans des conditions convenables, un *corpuscule lymphatique de la Grenouille* (Fig. 37), on le voit constamment changer de forme. La surface du protoplasme émet de courts prolongements ou pseudopodes, qui généralement sont, au début, formés par de l'hyaloplasme, à l'intérieur duquel pénètre ensuite du protoplasme granuleux. Ces pseudopodes s'ac-

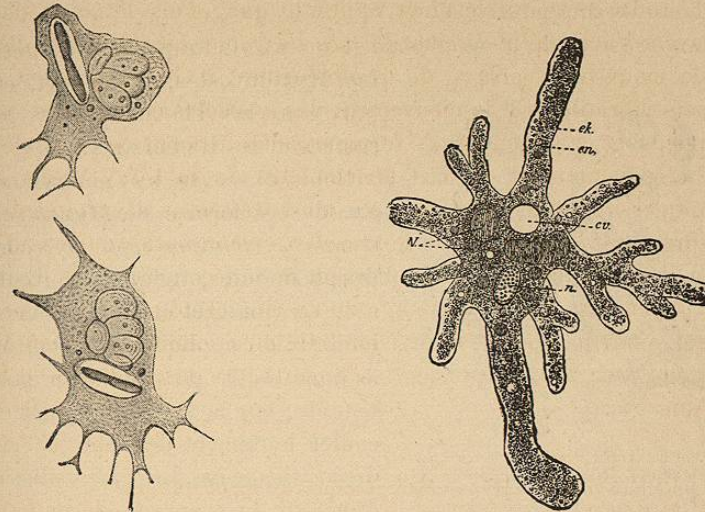


FIG. 37. — Leucocyte de la Grenouille contenant une bactérie en partie digérée. La bactérie est colorée par la résuline. Les deux images représentent deux stades du mouvement d'une même cellule. D'après METSCHNIKOFF, fig. 54.

FIG. 38. — *Amoeba Proteus*. D'après LEIDY. Figure empruntée à R. HEATWIG. n, noyau ; cv, vacuole contractile ; N, ingesta ; en, protoplasme granuleux ; ek, ectoplasme.

croissent, s'étalent et peuvent alors, à leur tour, émettre de nouveaux pseudopodes plus petits. Ou bien leur protoplasme rentre dans le corps cellulaire et, dans ce cas, ils deviennent plus grêles et finissent par disparaître, en même temps que de nouveaux pseudopodes se forment en un autre point du corps de la cellule. Il résulte de ces mouvements de sortie et de rentrée des pseudopodes que le corps protoplasmique subit des *changements de place* et se meut lui-même à la surface de l'objet auquel il est fixé. Ces mouvements de reptation, on n'en peut mesurer la rapidité qu'au moyen du microscope. Une Amibe peut ainsi en une minute parcourir un espace de 1/2 millimètre.

C'est de cette façon que dans les phénomènes d'inflammation les corpuscules blancs du sang traversent la paroi des capillaires et des petits vaisseaux sanguins. C'est de cette façon que les corpuscules lymphatiques cheminent, comme cellules migratrices, dans de petites lacunes de certains tissus, par exemple dans les espaces interlamellaires de la cornée,

où ils n'ont pas à vaincre de résistance considérable. C'est de cette façon que les cellules migratrices écartent les cellules épithéliales pour gagner la surface des membranes muqueuses.

L'émission et la rentrée des pseudopodes s'accomplissent avec une très grande vivacité chez une *petite Amibe* (Fig. 38), décrite, dès 1755, par RÆSEL VON ROSENHOF et appelée par lui petit Protée, en raison même de ses changements de forme.

Le mouvement du protoplasme se manifeste un peu différemment, chez les Myxomycètes, d'une part, et d'autre part chez les Thalamophores, les Hélicozoaires et les Radiolaires.

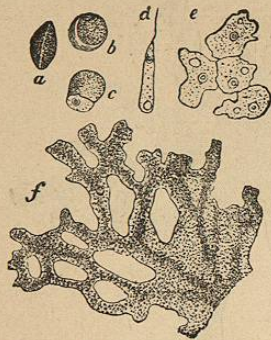


FIG. 39. — *Chondriodermis difforme*. D'après STRASBURGER, *f*, fragment d'un plasmodium âgé. *a*, spore desséchée. *b*, la même gonflée dans l'eau. *c*, spore dont le contenu est en voie d'expulsion. *d*, zoospore. *e*, myxamibes provenant de la transformation de zoospores : elles commencent à se réunir en un plasmodium. En *d* et en *e* on distingue des vacuoles contractiles.

Pour observer les mouvements chez une de ces formes de Myxomycètes qui, comme *Aethalium septicum*, constituent des plasmodies atteignant souvent la grosseur du poing et étalées sur une surface humide, on applique obliquement contre le bord de la plasmodie un porte-objet humide, sur la surface duquel on laisse couler lentement de l'eau à l'aide d'un dispositif spécial. Les plasmodies d'*Aethalium* ont la propriété de se mouvoir en sens inverse du courant de l'eau (rhéotropisme). Elles rampent en émettant de nombreux pseudopodes sur la surface

irriguée et s'étalent en un fin réseau transparent, leurs pseudopodes s'unissant par des branches collatérales (Fig. 39). Ce réseau, examiné sous un fort grossissement, montre deux espèces de mouvements. D'abord, dans les filaments et les cordons, qui consistent en une très mince couche d'hyaloplasme enveloppant du protoplasme granuleux, on observe un mouvement circulaire, rapide, de ce dernier, mouvement qui se manifeste surtout par les déplacements des granulations et qui est comparable à la circulation du sang dans les vaisseaux des animaux vivants. Entre le protoplasme granuleux en circulation et l'ectoplasme au repos on n'observe d'ailleurs pas de limite nette ; là le courant des granulations s'effectue plus lentement et parfois même devient complètement nul pour redevenir ensuite assez actif. Dans les filaments très délicats il n'y a qu'un courant longitudinal, tandis que dans les branches plus épaisses on observe souvent deux courants en sens inverse. « Dans les lames aplaties, qui se forment çà et là dans le réseau, il existe le plus souvent de nombreux courants ramifiés dirigés soit dans le même sens, soit en sens divers ; il n'est

même pas rare de constater des courants opposés, l'un à côté de l'autre. » De plus, la rapidité du courant peut varier d'un point à un autre et se modifier progressivement ; elle peut être si grande que, sous un fort grossissement, on peut à peine suivre des yeux les granulations ; par contre, elle peut devenir si lente que les granulations paraissent à peine se déplacer.

La seconde espèce de mouvement consiste en un changement de forme des divers filaments et du réseau tout entier. De même que chez l'Amibe, çà et là il pousse de nouveaux prolongements, pendant que d'autres rentrent dans la plasmodie. Comme chez l'Amibe, il apparaît d'abord une saillie d'ectoplasme, dans laquelle pénètre ensuite du protoplasme granuleux, et, lorsque le courant est très rapide, on observe que le protoplasme granuleux pénètre avec violence dans la branche en voie de formation. De cette façon, le plasmodium peut ramper en tout sens, à la manière d'une Amibe. En un bord du plasmodium, où le courant granuleux est très rapide, se forment de nombreux pseudopodes nouveaux, pendant qu'au bord opposé d'autres pseudopodes se retirent.

Parmi les *Rhizopodes*, *Gromia oviformis* (Fig. 40), que nous avons déjà décrit page 30, nous offre un exemple classique pour l'étude du mouvement du protoplasme. Lorsque l'organisme n'est pas irrité, le pro-

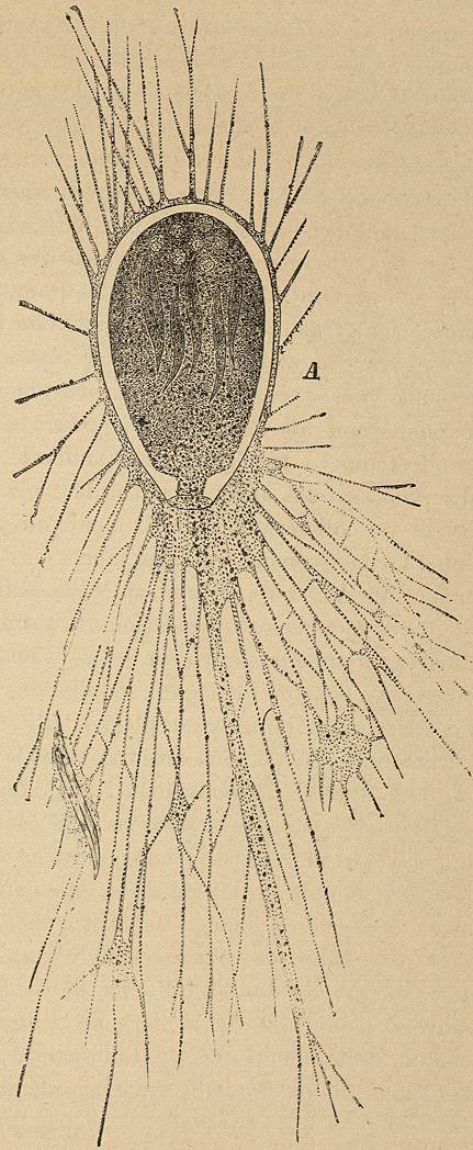


FIG. 40. — *Gromia oviformis*. D'après M. SCHULTZE.

toplasme sorti de la capsule émet de nombreux filaments, longs et délicats, qui s'étalent radiairement en tous sens dans l'eau, poussant çà et là des branches latérales et s'unissant ainsi en une sorte de réseau. Même les filaments protoplasmiques les plus délicats manifestent des mouvements. Quand on les observe à l'aide d'un fort grossissement, on constate, comme le dit MAX SCHULTZE (I, 29), « un glissement, un écoulement des granulations logées dans la substance des filaments ». — « Elles courent avec une rapidité plus ou moins considérable, soit vers l'extrémité périphérique du filament, soit en sens inverse, souvent même dans les deux sens à la fois, même dans les filaments les plus délicats. Les granulations qui se rencontrent, ou bien passent simplement les unes à côté des autres, ou bien elles se heurtent : dans ce cas, elles poursuivent ensuite, après une petite pause, leur trajet primitif, ou bien l'une d'elles entraîne l'autre avec soi. Toutes les granulations d'un même filament ne se meuvent nullement avec la même vitesse; il en résulte que souvent l'une l'emporte sur l'autre ou l'arrête dans son mouvement. » Un grand nombre de granulations glissent manifestement à la surface des filaments, où elles font saillie. Souvent on observe aussi des amas de substance plus volumineux, renflements fusiformes ou collatéraux d'un filament, qui se meuvent comme les granulations. Ce mouvement entraîne même des corps étrangers, soit fixés à la surface des filaments protoplasmiques, soit logés à leur intérieur. L'intensité de ce mouvement peut atteindre 0,02 millimètre par seconde. Là où plusieurs filaments s'unissent, on voit les granulations passer de l'un dans l'autre. En ces points siègent souvent des lamelles plus larges, provenant d'une accumulation de protoplasme.

ENGELMANN (III, 5 et 7) a décrit, sous le nom de *mouvement de glissade*, un mode spécial de mouvement, que l'on observe particulièrement dans les Diatomées et les Oscillariées. Chez les Diatomées, le corps protoplasmique est renfermé dans une carapace siliceuse; chez les Oscillariées, dans une membrane de cellulose. En dehors de ces enveloppes se trouve encore une mince couche de protoplasme très finement granuleux, qui n'est pas visible sur l'organisme vivant, mais que l'on peut faire apparaître au moyen des réactifs. En se déplaçant dans une direction déterminée à la surface de la carapace siliceuse ou de la membrane cellulosique, cette couche protoplasmique pousse l'organisme « à se mouvoir en glissant ou en rampant sur une surface fixe ». (ENGELMANN.)

b) MOUVEMENT DU CORPS PROTOPLASMIQUE A L'INTÉRIEUR
DES MEMBRANES CELLULAIRES

Ce mode de mouvement se rencontre principalement dans le règne végétal, où il s'observe le mieux, d'une façon générale, dans les cellules des parties herbacées des plantes. D'après DE VRIES (III, 25), il ne ferait absolument défaut dans aucune cellule végétale, mais il serait souvent si peu intense qu'il échappe à l'observation directe. On l'observe le mieux dans les tissus où s'accumulent les matières nutritives et aux époques où se produit un transport intensif des substances plastiques, soit en vue d'une prolifération rapide, soit en vue d'une accumulation locale ou d'un emploi spécial de ces substances (DE VRIES). Le mouvement du protoplasme doit donc jouer directement un rôle important dans le transport des substances, chez les végétaux. On observe plus rarement ce mode de mouvement chez les organismes inférieurs et dans le règne animal; on l'a constaté cependant chez les Noctiluques, dans les cellules vésiculeuses de l'axe des tentacules chez les Coelentérés, etc.

Chez les végétaux on distingue, sous les noms de *rotation* et de *circulation*, deux modes de mouvement différents.

La *rotation* avait été observée déjà, en 1774, par BONAVENTURA CORTI (I, 8); puis, tombée dans l'oubli, elle fut découverte à nouveau par TREVIRANUS. Son étude se fait surtout aisément chez les Characées, puis dans les poils radicaux d'*Hydrocharis morsus ranæ* et de *Trianea bogotensis*, dans les feuilles de *Vallisneria spiralis*, etc. Dans les grandes cellules des Characées, le protoplasme s'étale, comme nous l'avons dit p. 32, en une couche continue, à la surface interne de la membrane cellulosique: il entoure le suc cellulaire sous forme d'un sac clos. Le protoplasme pariétal présente toujours deux couches distinctes, dont l'une, externe, est en rapports immédiats avec la membrane de cellulose, tandis que l'autre, interne, est en rapport avec le suc cellulaire. La couche externe est toujours au repos; très mince chez *Hydrocharis*, elle est relativement épaisse dans les Characées, où elle renferme aussi un grand nombre de corps chlorophylliens, qui ne manifestent aucun déplacement. Cette couche externe, au repos, se continue progressivement avec la couche interne, mobile, qui chez *Chara* ne renferme pas de corps chlorophylliens, mais le noyau de la cellule et des granulations. Le protoplasme de la couche interne, probablement plus riche en eau que celui de la couche externe, montre un courant rotatoire. Dans les cellules allongées, ce courant monte le long d'une des parois longitudinales; puis, il passe contre la