

trouveront dans un état d'équilibre osmotique. L'utricule primordiale d'une foule de cellules végétales se dilaterait considérablement sous l'action de la pression (turgescence) intérieure, si cette dilatation n'était empêchée par la membrane cellulosique, qui est moins extensible.

Il s'établirait sans doute un état d'équilibre entre le suc cellulaire et le liquide ambiant, si les substances diffusibles de la cellule se diffusaient dans l'eau, et, par là, disparaîtrait la cause de la pression interne. Mais les propriétés de l'utricule primordiale vivante s'opposent à ce qu'il en soit ainsi. De même que c'est elle qui décide si une substance peut ou ne peut pas pénétrer dans la cellule, de même elle possède, ainsi que nous l'avons dit et prouvé par un exemple, cette propriété importante de retenir dans le suc cellulaire les substances dissoutes, qui, sans cela, seraient enlevées par l'eau ambiante (PFEFFER, V, 23).

Que le suc cellulaire se trouve en fait sous une haute pression, et notamment chez les végétaux aquatiques sous une pression plus élevée que l'eau ambiante, c'est ce que l'on peut aisément prouver à l'aide d'une expérience simple, établie par NÆGELI (V, 16). Si dans un *Spirogyra* on ouvre une cellule par une section faite au rasoir, les parois transversales des deux cellules voisines se bombent vers la cavité de la cellule blessée. La pression dans les cellules non lésées doit donc être plus grande que dans la cellule sectionnée, où elle se trouve avoir la même valeur que dans l'eau ambiante, à cause de la lésion.

### 3° Incorporation ou absorption des corps solides

Les cellules qui ne sont pas délimitées par une membrane propre ou dont la membrane possède des orifices sont aussi en état d'incorporer des corps solides dans leur protoplasme et de les digérer. Des Rhizopodes saisissent d'autres petits organismes monocellulaires qui viennent au contact de leurs pseudopodes épanouis dans l'eau (Fig. 10 et 60). Les pseudopodes qui ont saisi le corps étranger, l'entourent, se raccourcissent et l'amènent peu à peu dans la masse principale du protoplasme, où les substances utilisables qu'il contient sont digérées, tandis que les restes, incapables d'être digérés, comme les formations squelettiques, etc., sont, après un certain temps, rejetées à l'extérieur. Ces organismes s'incorporent aussi des substances solides qui n'ont aucune valeur nutritive. Si, par exemple, on projette dans l'eau des grains de carmin ou de cinabre, les Rhizopodes s'en emparent avec une telle avidité qu'en quelques heures tout leur corps en est rempli.

Les Infusoires (Fig. 50) mangent des Flagellates, des Algues monocel-

lulaires et des Bactéries : ils les font pénétrer dans leur protoplasme granuleux par un orifice de leur cuticule, que l'on appelle la bouche de la cellule. Il se forme autour de chaque corps étranger une vacuole remplie d'un liquide, dans lequel s'opère la digestion.

Diverses cellules des tissus des Métazoaires mangent, comme les organismes monocellulaires, les substances solides qu'on leur offre et les digèrent.

La digestion intracellulaire, comme l'appelle METSCHNIKOFF (V, 12), est très répandue chez les animaux invertébrés. On peut la démontrer le plus aisément en leur fournissant comme nourriture des substances facilement

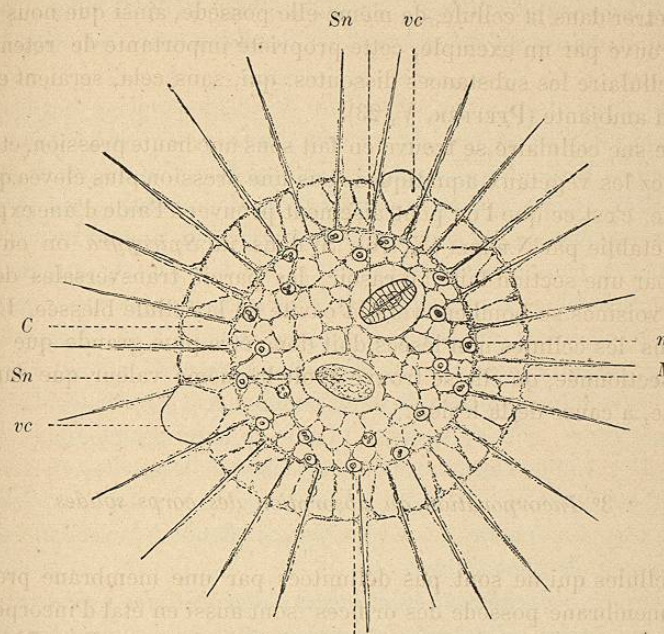


FIG. 60. — *Actinosphaerium Eichhorni*. D'après R. HERTWIG, Zool., fig. 117. M, substance médullaire avec noyau (n). C, substance corticale avec vacuoles contractiles (vc). Sn, substance nutritive.

reconnaissables, telles que des granulations de matières colorantes, des gouttelettes de lait, des spores de Champignons, etc. Chez certains Cœlentérés, les cellules de l'ectoderme aussi bien que les cellules de l'endoderme incorporent des corps étrangers. Les extrémités des tentacules des Actinies peuvent se charger de grains de carmin. Chez les larves des Actinies, ainsi nourries, on trouve de ces grains répartis dans tout l'endoderme.

Mais ce sont surtout les corpuscules blancs de sang, les cellules lymphatiques et les cellules migratrices du mésoderme des Invertébrés et des Vertébrés qui servent le mieux à prouver cette faculté d'absorber et de

digérer des corps solides. Ce fait important a été pour la première fois établi par HÆCKEL (V, 4a). Ayant injecté de l'indigo dans un Mollusque (*Tethys*), HÆCKEL trouva, peu de temps après, des grains d'indigo à l'intérieur des corpuscules sanguins de l'animal.

METSCHNIKOFF (V, 12) a poussé très loin l'étude de ces phénomènes. Dans une autre espèce de Mollusque, le *Phyllirhoe* transparent, chez lequel il avait fait une injection sous-cutanée de carmin pulvérisé, METSCHNIKOFF constata que les petits granules de carmin avaient été mangés par des cellules migratrices. Autour des amas de carmin plus considérables se trouvaient toujours accumulées de nombreuses cellules migratrices, qui les enveloppaient et se fusionnaient en un *plasmodium* ou cellule géante multinucléée.

On peut aussi aisément se convaincre de ce phénomène chez les Vertébrés si l'on injecte un peu de carmin dans le sac lymphatique dorsal d'une Grenouille et que l'on examine, quelque temps après, au microscope, une goutte de lymphé qu'on en extrait. Sous le microscope on peut aussi directement suivre ce phénomène. Il faut pour cela ajouter avec certaines précautions un peu de carmin pulvérisé ou du lait à une goutte de lymphé ou de sang fraîchement recueilli. S'il s'agit d'une préparation d'un Mammifère ou de l'homme, on doit prudemment la tenir à une température de 30 à 35 degrés centigrades, sur une table chauffante de MAX SCHULTZE (V, 43). Lorsque les cellules blanches du sang commencent à exécuter des mouvements amœboïdes, elles saisissent, à l'aide de leurs pseudopodes, les granulations de carmin ou les gouttelettes de lait avec lesquelles elles viennent en contact et les amènent ensuite à l'intérieur de leur corps. Ces cellules, METSCHNIKOFF les appelle des *phagocytes*; il donne à l'ensemble du phénomène le nom de *phagocytose*.

La propriété que possèdent les éléments amœboïdes des animaux d'incorporer des substances solides est d'une très grande importance physiologique. En effet, elle constitue pour l'organisme un moyen d'éloigner de ses tissus les éléments figurés qui lui sont étrangers et nuisibles. Il y a surtout trois états différents, en partie normaux, en partie pathologiques, du corps, dans lesquels les phagocytes développent leur activité.

En premier lieu, dans le cours du développement d'une foule d'Invertébrés et de Vertébrés, il arrive que certains organes larvaires perdent leur importance et disparaissent par dégénérescence graisseuse. C'est ainsi que disparaissent certains organes pendant la métamorphose des larves des Échinodermes et des Némertiens; c'est de cette façon que le têtard se transforme en une jeune Grenouille en perdant sa queue. Dans tous ces cas, les cellules des organes destinés à s'atrophier subissent une métamorphose graisseuse, meurent et se fragmentent. Pendant ce temps, de

nombreuses cellules migratrices ou phagocytes s'accumulent à leur voisinage, puis avalent les fragments de tissus et les digèrent, de la même façon qu'on peut l'observer pendant la vie chez des animaux marins transparents.

En second lieu, les phagocytes se chargent aussi, comme dans les phénomènes normaux du développement, de résorber les éléments morts et en voie de destruction, partout où ces éléments se forment soit sous l'action de causes normales, soit sous l'action de causes pathologiques. Les corpuscules rouges du sang se décomposent lorsqu'ils ont longtemps circulé dans le courant sanguin. Dans le sang de la rate on trouve leurs débris entourés de corpuscules blancs, qui débarrassent ainsi l'organisme d'éléments mortifiés. Si, à la suite d'une blessure, il se forme un épanchement sanguin dans les tissus et que des milliers de corpuscules du sang et de cellules meurent, alors encore les cellules migratrices interviennent pour amener une résorption et une cicatrisation.

En troisième lieu, enfin, dans les maladies infectieuses, les phagocytes constituent une armée défensive du corps, pour lutter contre la propagation des microorganismes dans le sang et les tissus.

C'est un grand mérite qui revient à METSCHNIKOFF d'avoir attiré l'attention sur ce fait (V, 13 à 15; IV, 22). Il est parvenu à démontrer que les *Coccus* dans l'érysipèle, les *Spirilles* dans le typhus récidivé, les *Bacilles* dans le charbon, sont mangés par les cellules migratrices et mis ainsi dans l'impossibilité de nuire (Fig. 61). Les microorganismes avalés, et dont le nombre peut atteindre souvent dix à vingt dans une même cellule, montrent après un certain temps des indices manifestes de résorption. Lorsque les microorganismes siègent dans le sang, leur destruction a lieu surtout dans la rate, le foie et la moelle rouge des os. Lorsqu'ils se colonisent en un point déterminé d'un tissu, le corps cherche à se procurer l'énergie nécessaire pour les combattre en amenant, en ce point, de nombreuses cellules migratrices grâce à une réaction inflammatoire.

Entre les microorganismes et les phagocytes, ainsi s'exprime METSCHNIKOFF, s'opère une lutte énergique, qui devient décisive en faveur de l'une ou de l'autre des deux parties et qui occasionne, selon le cas, la guérison ou la mort de l'animal infesté.

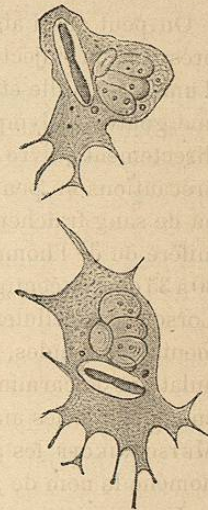


FIG. 61. — Leucocyte de la Grenouille, contenant une bactérie en partie digérée. La bactérie est colorée par la véserine. Les deux images représentent deux stades du mouvement d'une même cellule. D'après METSCHNIKOFF, fig. 54.

Le pouvoir que possèdent les cellules migratrices de détruire des espèces déterminées de microorganismes semble être très variable chez les différents animaux et dépendre, en outre, des circonstances les plus diverses. Les réactions aux excitants chimiques y jouent notamment un certain rôle, comme nous l'avons dit déjà (p. 115) (Chimiotropisme négatif et positif, HERTWIG, IV, 13). Il semble, en outre, que ces réactions sont en relation avec l'immunité plus ou moins grande des organismes vis-à-vis de certaines maladies infectieuses. C'est un domaine qui ouvre de larges horizons sur la connaissance et la guérison des maladies infectieuses.

## II. — Transformation chimique et activité formatrice de la cellule

Les gaz, les liquides et les substances solides, qui sont incorporés dans le protoplasme par la respiration et la nutrition, constituent les diverses matières brutes que consomme la cellule, ce laboratoire de chimie en miniature, et qu'elle transforme en des substances extraordinairement nombreuses. Parmi ces substances, les plus importantes pour la plante comme pour l'animal sont des hydrates de carbone, des graisses, des albuminates et leurs produits de transformation.

Leur rôle dans le processus de la vie de la cellule est aussi très variable. Les unes servent à remplacer les éléments qui se détruisent pendant la vie de la cellule : ce sont les matériaux que l'oxygène brûle pendant la respiration et qui fournissent la force vive nécessaire à l'accomplissement du travail physiologique. D'autres servent à l'accroissement et à la multiplication du protoplasme, ce qui est nécessaire pour la reproduction. D'autres encore deviennent des substances de réserve, c'est-à-dire des substances qui, engendrées dans le laboratoire cellulaire, se déposent sous une forme quelconque à l'intérieur du corps de la cellule pour être utilisées plus tard. Enfin, il en est qui peuvent être sécrétées soit en dedans, soit en dehors de la cellule, pour remplir une fonction déterminée dans le cours de la vie de la cellule.

C'est ainsi que se forment toutes ces substances, particulièrement nombreuses dans le règne animal et sur lesquelles repose la différenciation des tissus : produits de sécrétions glandulaires qui sont excrétés au dehors, membranes et substances intercellulaires de composition chimique très variable, fibrilles musculaires et nerveuses, qui, conformément à leur organisation propre, sont chargées de la contractilité et de la conduction des excitations. Dans ce dernier cas, le travail chimique de la cellule prend un caractère que MAX SCHULTZE a appelé l'*activité formatrice* de la

cellule. *Le protoplasme utilise la matière brute qu'il reçoit à engendrer des structures souvent très complexes, qui doivent lui servir à accomplir des fonctions spéciales. Dans cette activité la cellule nous apparaît en quelque sorte comme un architecte ou, selon l'expression de HAECKEL (V, 4 b), comme une plastide, comme un sculpteur.*

L'activité formatrice de la cellule ou, plus exactement, le pouvoir qu'a le corps protoplasmique d'engendrer des structures différentes est d'une importance extraordinaire. En effet, ce n'est que grâce à ce pouvoir, que se produisent ces nombreuses formes des éléments cellulaires qui donnent, surtout au corps de l'animal, sa haute perfection morphologique ; c'est encore à lui que sont dues et la remarquable division du travail des cellules et l'extraordinaire activité fonctionnelle des associations cellulaires.

Le chapitre de la transformation chimique ou des échanges nutritifs de la cellule se divise donc en deux parties distinctes : l'une, d'ordre purement chimique, comprenant la formation des nombreuses substances engendrées avec l'intervention du protoplasme ; l'autre, d'ordre plutôt morphologique, comprenant l'étude de la disposition spéciale que prennent les substances engendrées dans le protoplasme, l'étude de la forme et de la structure qu'elles possèdent ainsi que la connaissance des lois de leur développement.

*La chimie biologique de l'avenir devra s'attacher spécialement à rendre accessibles à l'observation morphologique les diverses substances réparties dans le corps de la cellule ; pour cela elle doit trouver des combinaisons caractéristiques de ces substances avec des matières colorantes.*

### 1° Chimie des échanges nutritifs

Les phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans les cellules sont, pour la plupart, très mal connus encore. Nous ne pouvons ici nous occuper que de quelques questions fondamentales. L'une d'elles est la synthèse des hydrates de carbone, des graisses et des substances albuminoïdes, aux dépens de substances élémentaires plus simples.

Il existe un contraste en apparence très profond entre le travail chimique des cellules végétales et celui des cellules animales. Seul le protoplasme pourvu de chlorophylle des cellules végétales possède le pouvoir de former, à l'aide de l'anhydride carbonique et de l'eau, des combinaisons ternaires complexes ; tandis que le protoplasme dépourvu de chlorophylle des cellules animales et celui de certaines cellules végétales incolores ne peuvent entreprendre que des synthèses ayant pour point de départ ces composés ternaires ; alors parmi les produits de ces synthèses se trouvent aussi des combinaisons quaternaires.