

Parmi les Rhizopodes dont de nombreuses espèces vivent dans les eaux douces et dans les eaux salées, le *Gromia oviformis* (Fig. 10) est un objet qu'ont rendu célèbre les études de MAX SCHULTZE (I, 29). Le corps protoplasmique granuleux, pourvu de quelques petits noyaux, d'une part, remplit une carapace ovoïde, dont un pôle présente un large orifice, et, d'autre part, il sort extérieurement par cet orifice et revêt, d'une mince couche, la surface de la carapace. Si l'organisme n'est pas excité, le protoplasme superficiel s'irradie en des pseudopodes très grêles, atteignant souvent une longueur étonnante et projetés en tous sens dans l'eau. D'autres pseudopodes se résolvent en de nombreux filaments ou bien envoient des branches collatérales, qui les unissent aux pseudopodes voisins.

La substance si remarquable qui constitue le corps des organismes inférieurs que nous venons de décrire a été désignée par DUJARDIN sous le nom de sarcode, parce qu'elle peut exécuter des mouvements comme la substance musculaire des animaux supérieurs. Sous l'influence de la théorie cellulaire de SCHLEIDEN-SCHWANN, on chercha à démontrer que le sarcode se compose de cellules très petites et à ramener les organismes sarcodiques au schéma des cellules. Cependant cette question reçut une tout autre solution. En raison de la similitude de ses manifestations vitales, COHN (I, 7), UNGER et d'autres auteurs comparèrent le sarcode au contenu protoplasmique d'une cellule végétale. MAX SCHULTZE (I, 29), DE BARY (I, 2) et HOECKEL (I, 10) mirent hors de doute l'identité du sarcode et du protoplasme des cellules animales et végétales, et c'est cette identité qui servit à MAX SCHULTZE pour réformer, comme nous l'avons dit; la théorie cellulaire et pour fonder sa théorie du protoplasme (voir p. 7).

Dans les Amibes, les cellules lymphatiques, les Myxomycètes et les Rhizopodes, nous avons appris à connaître des corps cellulaires nus.



FIG. 11. — Cellule cartilagineuse vivante de la larve de Salamandre, fortement grossie, avec substance filaire nettement marquée. D'après FLEMING Fig. empruntée à HATSCHER (fig. 2).

Chez les plantes presque toujours, et très souvent chez les animaux, les corps des cellules sont entourés d'une substance épaisse et solide (membrane, substance intercellulaire) et forment avec elle une cellule dans le sens propre du mot. Comme exemples, nous décrirons de jeunes cellules du voisinage du point végétatif d'une plante et les cellules cartilagineuses de la larve de Salamandre.

Aux points végétatifs des plantes (Fig. 12, A) les cellules, qui s'y multiplient activement, sont très petites et très semblables à des cellules animales. Elles ne sont séparées les unes des autres que par de très minces parois de cellulose. Ces petites cavités sont complètement remplies par le corps de la cellule,

qui, abstraction faite du noyau et des futurs chloroplastes, consiste exclusivement en un protoplasme finement granuleux.

Les cellules cartilagineuses des jeunes larves de Salamandre sont recommandées par FLEMING comme le meilleur objet permettant d'étudier à l'état vivant les structures du protoplasme. Le corps cellulaire, qui pendant la vie remplit complètement, comme dans les jeunes cellules végétales, les cavités creusées à l'intérieur de la substance fondamentale du cartilage, est « parcouru par des filaments assez réfringents, sinueux et dont le diamètre n'atteint pas 1μ ; ils sont généralement plus serrés autour du noyau et en même temps plus onduleux; la périphérie des cellules est parfois complètement ou presque entièrement dépourvue de filaments; d'autres fois cependant cette différence n'existe pas, et même on rencontre à la périphérie des filaments très serrés ».

2° Corps cellulaires dont le protoplasme renferme de nombreuses et diverses enclaves

Chez les plantes et les organismes monocellulaires le protoplasme renferme très fréquemment des gouttelettes d'un liquide tenant en solution des sels, du sucre et des albuminates (albumine circulante). Plus on s'écarte des points végétatifs où sont amassées les petites cellules, exclusivement protoplasmiques, que nous avons décrites plus haut (Fig. 12, A), plus les cellules s'agrandissent (C), en même temps que leur membrane cellulosique s'épaissit; elles atteignent souvent plus de cent fois leur volume primitif. A cet accroissement considérable ne correspond cependant pas une augmentation notable du corps protoplasmique. Jamais la cavité d'une de ces grandes cellules végétales n'est exclusivement remplie de protoplasme granuleux. L'accroissement de la cellule est plutôt le résultat de l'absorption progressive d'un liquide par le protoplasme des petites cellules primitives du sommet végétatif: ce liquide se sépare du protoplasme, sous forme de suc cellulaire, et s'accumule en des vacuoles. Le corps de la cellule prend alors un aspect alvéolaire (Fig. 12, B, s).

D'un petit amas de protoplasme, dans lequel siège le noyau, partent des lamelles protoplasmiques plus ou moins délicates: elles forment des cloisons entre les diverses vacuoles et s'unissent finalement en une couche pariétale continue (*utricule primordiale*), qui est intimement appliquée contre la face interne de la membrane cellulosique (h).

De cette disposition dérivent deux états différents, que l'on rencontre dans les cellules végétales adultes. Le suc cellulaire continuant à devenir plus abondant, les vacuoles grossissent en même temps que les cloisons

protoplasmiques s'amincissent. Celles-ci finissent par se rompre partiellement, de sorte que les diverses vacuoles s'unissent en une seule. Le corps protoplasmique se trouve alors transformé en une couche assez mince, appliquée contre la membrane cellulaire, et d'où partent des travées ou des filaments protoplasmiques plus ou moins nombreux qui tra-

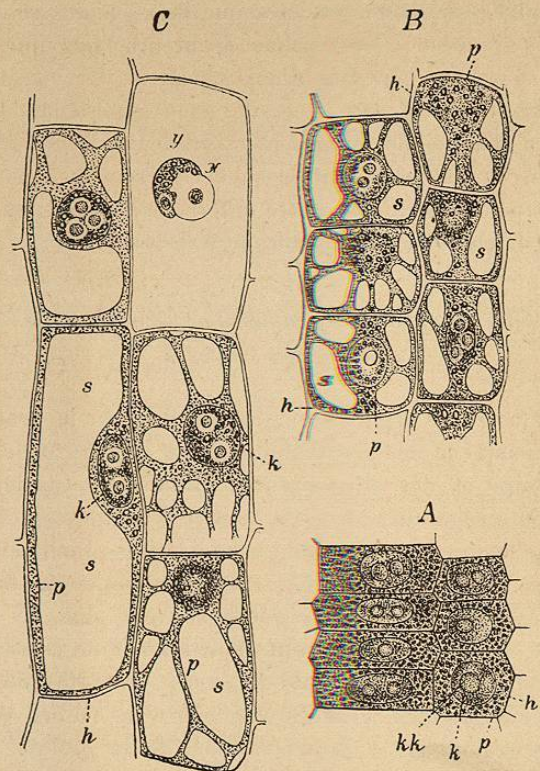


FIG. 12. — Cellules prises dans la zone moyenne du parenchyme cortical de la racine du *Fritillaria imperialis*. Coupe longitudinale grossie cinq cent cinquante fois. D'après SACHS (II, 33, fig. 75). A, très jeunes cellules, encore dépourvues de suc nucléaire, et situées immédiatement au-dessus du sommet de la racine. B, les mêmes cellules à deux millimètres de la pointe de la racine : le suc cellulaire *s* forme dans le protoplasme *p* des gouttelettes isolées séparées par des parois de protoplasme. C, les mêmes cellules à environ 7 à 8 millimètres de la pointe : les deux cellules inférieures de droite sont vues par leur face antérieure; la grande cellule inférieure de gauche est vue en coupe optique; la cellule supérieure de droite a été ouverte par le rasoir, et son noyau présente, sous l'influence de l'eau qui a pénétré par l'ouverture, un phénomène particulier de gonflement (*xy*). *k*, noyau; *kk*, nucléole; *h*, membrane.

versent la grande vacuole (Fig. 12, C, à droite, et Fig. 13). Dans d'autres cas enfin, même les travées protoplasmiques de l'intérieur de la cellule n'existent plus. Le corps protoplasmique consiste alors uniquement en une mince utricule, qui, pour employer une comparaison de SACHS (II, 33), revêt la face interne de la cavité cellulaire à la façon de la tapisserie qui recouvre les murs d'une chambre : elle délimite de la sorte une seule vaste

vacuole remplie de suc cellulaire (Fig. 12, C, cellule inférieure de gauche, et Fig. 59). Dans les cellules très grandes l'utricule est parfois si mince que, si l'on fait abstraction du noyau, c'est à peine si on la distingue même à l'aide de forts grossissements, et pour la mettre nettement en évidence il faut employer les meilleures méthodes de recherches.

Ce sont des éléments comme ceux que nous venons de décrire, qui avaient servi aux études des anciens auteurs, tels que TREVIRANUS,



FIG. 13. — Cellule d'un poil staminal de *Tradescantia virginica*. Grossissement: 240 diamètres. D'après STRASBURGER, Bot. Praktikum, fig. 23.

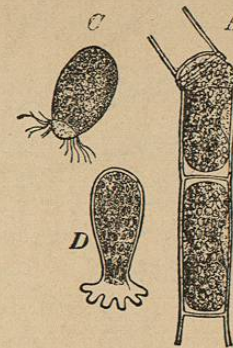


FIG. 14. — *Edogonium* en sporaison. D'après SACHS. Figure empruntée à R. HERTWIG, Zool., fig. 110. A, fragment de l'algue filamenteuse, dont le contenu est en voie d'expulsion. C, zoospore provenant du contenu d'une cellule. D, zoospore se préparant à la germination.

SCHLEIDEN et SCHWANN ; c'est à l'aide de ces éléments qu'ils ont formé leur conception de l'essence de la cellule. Quoi d'étonnant qu'ils aient vu dans la membrane et le noyau les parties essentielles de la cellule, et qu'ils aient méconnu l'importance du protoplasme ! Cependant, dans la cellule végétale, le protoplasme est aussi la substance vivante par excellence. Il peut vivre sans être en connexion avec la membrane, ainsi que le prouve à l'évidence l'observation que je vais relater, et qui a joué un rôle important dans l'histoire de la théorie cellulaire (I, 7). Chez beaucoup d'algues (*Edogonium*, Fig. 14), au moment de la reproduction, tout le corps protoplasmique se détache de la paroi cellulosique, expulse le liquide qu'il renferme, et se ramasse sous un volume moindre. Il en résulte qu'il ne remplit plus la cavité cellulaire : il constitue bientôt une zoospore nue, sphérique ou ovoïde (A). Après un certain temps, cette zoospore rompt son ancienne enveloppe cellulosique et sort librement par le point de rupture : elle se meut assez rapidement dans l'eau au moyen de cils vibratiles (C), qui se sont développés à sa surface ; puis, après un certain

temps, elle entre au repos (D) et sécrète alors à sa surface une nouvelle membrane solide. La nature elle-même nous a donc fourni la meilleure preuve que le corps protoplasmique est, en soi, l'organisme élémentaire vivant proprement dit.

Le protoplasme sans membrane de certains Protozoaires, Rhizopodes et Radiolaires forme parfois des vacuoles aussi nombreuses et du suc cel-

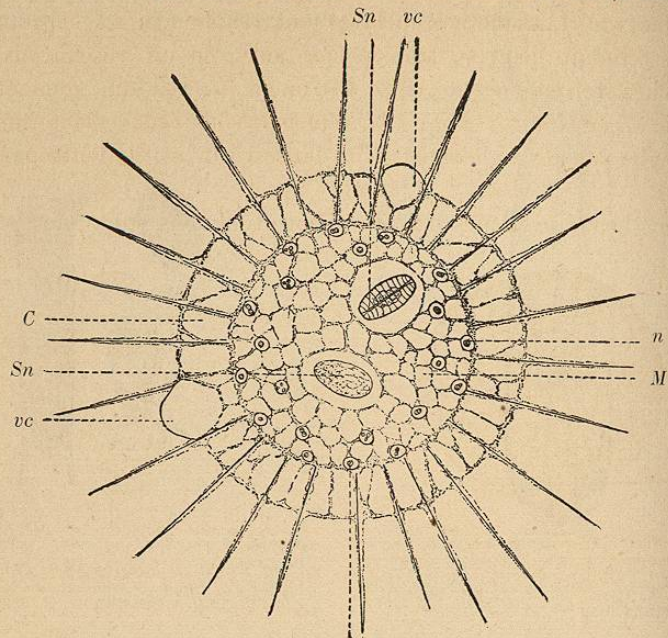


FIG. 15. — *Actinosphaerium Eichhorni*. D'après R. HEARTWIG, Zool., fig. 117. M, substance médullaire avec noyau (n). C, substance corticale avec vacuoles contractiles (vc). Sn, substance nutritive.

lulaire aussi abondant que dans les cellules végétales. La figure 15 représente le corps d'aspect alvéolaire d'un *Actinosphaerium* : il ressemble complètement à une fine écume d'albumine ou de savon obtenue par fouettement. Toute l'étendue du corps est parcourue par d'innombrables vacuoles, plus ou moins volumineuses, remplies d'un liquide et séparées seulement par de très délicates cloisons de protoplasme, consistant en une substance fondamentale qui contient des granulations.

Grâce à la formation des vacuoles, le corps protoplasmique devient très lâche, et les minces lamelles de protoplasme sont mises en relation immédiate avec le suc nutritif que contiennent les vacuoles. Cette disposition facilite considérablement les phénomènes de nutrition. On peut se la représenter comme un mode d'accroissement interne des surfaces, par opposition à l'accroissement externe que détermine la formation des pseudopodes ramifiés (Fig. 10) dont le but est le même.

Contrairement à ce qui existe dans les cellules végétales, la formation des vacuoles et la séparation du suc cellulaire sont extrêmement rares dans les cellules animales : on les rencontre cependant dans les cellules de la corde dorsale. Par contre, les cellules animales renferment fréquemment des enclaves, dont l'état d'agrégation est plus ou moins solide : des gouttelettes de glycogène et de mucus, des globules de graisse, des fragments d'albumine, etc. Lorsque ces enclaves sont très abondantes, le protoplasme du corps cellulaire peut se transformer aussi en un réseau alvéolaire, comme chez *Actinosphaerium* (Fig. 15), ou en un réticulum, comme dans la cellule du *Tradescantia* (Fig. 13); seulement les espaces intermédiaires sont remplis par des substances plus denses, au lieu de l'être par du suc cellulaire.

Les plus beaux exemples de cette disposition nous sont fournis par les

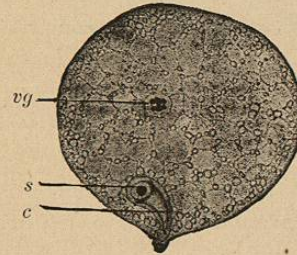


FIG. 16. — Œuf d'*Ascaris megalocephala* en voie de fécondation. D'après VAN BENEDEK. Figure empruntée à O. HEARTWIG, fig. 22. s, spermatozoïde avec le noyau spermatique. c, corps réfringent. vg, vésicule germinative.

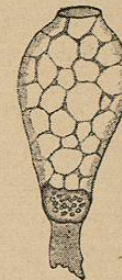


FIG. 17. — Cellule caliciforme de l'épithélium de la vessie de *Squatina vulgaris*, durcie par le liquide de Müller. D'après LIEBOWITZ, pl. I, fig. 9.

cellules-œufs de diverses espèces animales. La taille extraordinaire que ces éléments atteignent dans beaucoup de cas repose moins sur un accroissement du protoplasme que sur une apposition de substances de réserve, de composition chimique très variable, et dont les unes sont des éléments figurés, tandis que d'autres ne le sont pas. Ces substances de réserve sont destinées à être utilisées plus tard pour la nutrition de la cellule. Très fréquemment, la cellule-œuf semble complètement formée par elles. Le protoplasme ne remplit que les petits interstices qui les séparent, comme le mortier entre les pierres d'une muraille (Fig. 16). Sur une coupe d'un de ces œufs, il apparaît sous la forme d'un réseau délicat, dont les mailles, plus ou moins serrées, sont occupées par les substances de réserve. A la surface de l'œuf ainsi qu'autour de la vésicule germinative, le protoplasme constitue pourtant une couche continue, plus épaisse.

Un autre exemple d'un beau réseau protoplasmique, dû à la présence d'enclaves, nous est fourni par les cellules muqueuses des Vertébrés (Fig. 17) et des Invertébrés. Ces cellules présentent une partie élargie diri-

gée vers la surface de l'épithélium, et une partie basilaire plus étroite. La première consiste surtout en un produit de sécrétion, homogène et brillant, la substance mucigène, qui, à certains moments, sort du calice par un petit orifice situé à l'extrémité libre de la cellule, et se transforme alors en mucus. Le protoplasme est disposé en de fins filaments formant un réseau à larges mailles et parcourant la masse sécrétée; au pied de la cellule seulement, il constitue un corps plus compact, dans lequel se trouve logé le noyau.

II. — PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES ET MORPHOLOGIQUES DU NOYAU (NUCLEUS)

Le noyau est une partie de la cellule tout aussi essentielle que le protoplasme. Il fut découvert, pour la première fois, en 1833, par ROBERT BROWN (I, 5) dans des cellules végétales. Peu de temps après, SCHLEIDEN et SCHWANN en faisaient le centre de leur théorie de la formation des cellules. Puis l'étude du noyau resta longtemps à l'arrière-plan, pendant qu'on s'occupait plus spécialement d'étudier les manifestations vitales du protoplasme. Ce n'est guère que dans ces vingt dernières années que des découvertes importantes démontrèrent que le noyau, cet organe négligé, a une importance aussi grande que le corps protoplasmique.

On ne peut méconnaître à l'histoire du noyau une certaine analogie avec l'histoire de la théorie cellulaire. Le noyau fut considéré d'abord comme une vésicule, comme une cellule plus petite logée dans une cellule plus grande. De même que l'on reconnut ensuite que dans la cellule c'est le protoplasme qui constitue la substance vivante active, de même on reconnut plus tard que, dans le noyau, la forme vésiculeuse n'est qu'une chose accessoire, tandis que l'activité vitale de cet élément réside plutôt dans certaines substances, que renferme l'espace nucléaire et qui affectent des dispositions très diverses, selon qu'elles sont au repos ou qu'elles sont en activité physiologique.

C'est ce qu'a clairement exprimé pour la première fois R. HERTWIG (II, 18) dans une petite publication intitulée: *Essai d'une conception unique des diverses formes du noyau*. « Le point le plus essentiel, dit-il, que je dois faire ressortir, pour arriver à une conception unique des diverses formes du noyau, c'est que tous les noyaux, qu'il s'agisse de cellules animales, de cellules végétales ou de protistes, sont plus ou moins complètement formés par une substance que je désignerai, avec certains auteurs, sous le nom de substance nucléaire ou de nucléine. Nous devons commencer par donner la caractéristique de cette substance, absolument

comme dans l'étude générale de la cellule on doit commencer par examiner la substance cellulaire, le protoplasme, qui constitue la partie essentielle du corps cellulaire. »

Nous ne définissons donc plus, comme SCHLEIDEN et SCHWANN, le noyau comme une petite vésicule siégeant dans la cellule, mais comme *un quantum de substances nucléaires spéciales, distinctes du protoplasme et jusqu'à un certain point différenciées, substances qui peuvent apparaître sous des formes très diverses, aussi bien quand elles sont à l'état de repos que quand elles sont en activité physiologique lors de la division.*

Nous examinerons successivement: d'abord la forme, la grandeur et le nombre des noyaux des cellules; puis les substances que contient le noyau, et enfin le mode de disposition de ces substances, c'est-à-dire la structure du noyau.

a) FORME, GRANDEUR ET NOMBRE DES NOYAUX

Habituellement, le noyau nous apparaît, tant dans les cellules végétales que dans les cellules animales, sous la forme d'un corps arrondi ou ovalaire, situé au centre de la cellule (Fig. 1, 2, 6, 16). Comme il est souvent plus riche en liquide que le protoplasme, il se distingue alors au sein du protoplasme, dans la cellule vivante, comme une tache claire à contour mat, c'est-à-dire comme une vésicule ou une vacuole. Mais ce n'est pas toujours le cas. Dans beaucoup d'éléments, les corpuscules lymphatiques, les cellules de la cornée, les cellules épithéliales des lamelles branchiales des larves de Salamandre, le noyau n'est pas visible sur le vivant; toutefois, il apparaît nettement quand la cellule est morte ou qu'elle est coagulée soit par l'eau distillée, soit par des solutions acides étendues.

Le noyau d'une foule de cellules et d'organismes inférieurs affecte des formes très variables. Tantôt il constitue un fer à cheval (divers Infusoires); tantôt c'est un long cordon, plus ou moins sinueux (Vorticelles); tantôt c'est un corps très ramifié, parcourant la cellule en tous sens (Fig. 18, B et C). C'est cette dernière forme qu'il présente notamment dans les grandes cellules glandulaires d'une foule d'Insectes (dans les tubes de Malpighi, les glandes filaires et salivaires, etc.); il en est de même dans les cellules glandulaires de *Phronima*, un crustacé.

La grandeur du noyau est généralement en rapport avec le volume du corps protoplasmique. Plus grand est ce dernier, plus grand est le noyau. C'est ainsi que, dans les volumineuses cellules ganglionnaires des ganglions spinaux, le noyau est très volumineux et vésiculeux. Il atteint même une taille gigantesque dans les œufs ovariens immatures: cette