

inférieur à 0,001 mm. Ces petits espaces, comparables aux alvéoles d'un rayon de miel, affectent la forme de polyèdres les plus variables et sont séparés par des lamelles d'huile très délicates, un peu plus réfringentes. Dans la disposition de ces lamelles, d'après les principes de la physique, doit toujours être remplie cette condition qu'en une même arête trois



FIG. 3. — Coupe optique de la partie corticale d'une gouttelette d'une émulsion d'huile d'olive et de sel de cuisine, montrant une couche alvéolaire très nette et relativement épaisse (alv). Grossissement: 1.250 diamètres. D'après BÜTSCHLI, pl. III, fig. 4.

lamelles se coupent. Il en résulte qu'à la coupe optique vers une nodosité convergent toujours trois lignes. Si, avant de préparer cette émulsion, on dissémine dans l'huile de fines particules de suie, elles s'accablent dans les nodosités du réseau alvéolaire. Enfin, les émulsions délicates montrent encore une couche superficielle, dans laquelle les petits alvéoles sont disposés d'une façon toute spéciale: les cloisons de séparation sont dirigées perpendiculairement à la surface et se montrent donc parallèles les unes aux autres, sur une coupe optique. BÜTSCHLI appelle cette couche superficielle la *couche alvéolaire* (Fig. 3, *alv*).

En se fondant sur ses observations d'objets vivants et d'objets traités par des réactifs, BÜTSCHLI pense qu'il faut admettre que le protoplasme de toutes les cellules végétales et animales a une structure assez semblable à ce que nous venons de décrire. Aux lamelles d'huile qui, dans l'émulsion artificielle, séparent les gouttelettes de la solution, correspond une charpente plasmique. C'est aussi dans les nodosités de ce réseau que se concentrent les granulations (microsomes). Enfin, la surface du corps protoplasmique est souvent différenciée en une couche alvéolaire. Ce que d'autres auteurs décrivent comme un réseau de filaments, dont les mailles communicantes sont remplies de liquide, BÜTSCHLI les considère comme un réseau d'alvéoles clos de toutes parts. Mais, au sujet de cette interprétation, il fait lui-même cette remarque qu'en raison de l'exiguïté des structures en question l'observation microscopique, à elle seule, ne permet pas de décider s'il s'agit d'une structure réticulaire ou d'une structure alvéolaire (II, 7b, p. 140), attendu que « dans l'un comme dans l'autre cas l'image microscopique devrait être la même ».

Doit-on s'en rapporter exclusivement à cette similitude avec les émulsions artificielles, comme le fait BÜTSCHLI?

A ce propos, je ferai deux réflexions. La première, c'est que la théorie alvéolaire ne se vérifie pas pour la texture de la substance du noyau dont l'organisation doit sans doute être très voisine de celle du protoplasme. En effet, au moment de la division nucléaire, apparaissent, avec la plus grande netteté, des dispositions filamenteuses qui se manifestent dans

les fibres du fuseau et dans les filaments nucléiniens: personne ne peut douter de leur existence.

La seconde réflexion est de nature plus théorique.

Les lamelles d'huile sont formées par un liquide non miscible avec l'eau. Pour que la comparaison entre la structure de l'émulsion et celle du pro-

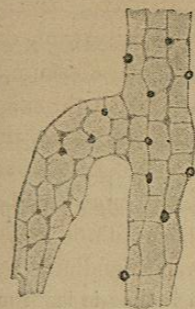


FIG. 4. — Deux cordons protoplasmiques vivants d'un poil d'une Mauve. Grossissement: 3.000 diamètres environ. D'après BÜTSCHLI, pl. II, fig. 14.

toplasme reposât sur quelque chose de plus qu'une ressemblance superficielle, il faudrait que les lamelles plasmiques, que l'on compare aux lamelles d'huile, fussent composées d'une solution albumineuse ou d'albumine liquide. Or ce n'est pas le cas, attendu qu'une solution albumineuse est miscible avec l'eau et que, par conséquent, elle se mélangerait avec le contenu des alvéoles: les alvéoles d'albumine devraient être remplis d'air. Pour éluder

cette difficulté, BÜTSCHLI admet que la substance fondamentale du réseau protoplasmique est un liquide provenant d'une combinaison de molécules d'albumine et de molécules d'acides gras (II, 7, b, p. 199). Cette hypothèse, qui attribue un état liquide à la substance du réseau, devait rencontrer peu d'approbation. En effet, diverses circonstances exigent, pour que la théorie puisse être soutenable, que les éléments structuraux du protoplasme, qu'ils soient des filaments d'un réticulum ou des lamelles d'un réseau alvéolaire, ou des granulations, possèdent un état d'agrégation solide. Le protoplasme n'est pas une émulsion de deux liquides non miscibles, comme de l'eau et de l'huile; mais c'est un mélange d'eau et de particules organiques solides. Les conditions physiques sont donc toutes différentes (voir le paragraphe consacré à la structure moléculaire).

La troisième théorie, la *théorie filaire*, a été émise par FLEMMING (II, 10).

En étudiant de nombreuses cellules à l'état vivant (cellules du cartilage, du foie, du tissu conjonctif, cellules ganglionnaires, etc.), FLEMMING a observé dans le protoplasme (Fig. 6) de très fins filaments, un peu plus réfringents que la substance qui les sépare. Dans beaucoup de cellules ces filaments sont courts; dans d'autres, ils sont plus longs; tantôt ils

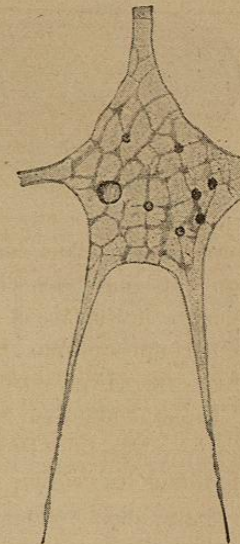


FIG. 5. — Expansion palmiforme, avec structure très nette, d'un réseau pseudopodique d'une Miliolide. Vivant. Grossissement: environ 3.000 diamètres. D'après BÜTSCHLI, pl. II, fig. 5.

sont plus rares, tantôt ils sont plus abondants. On ne peut déterminer d'une façon positive s'ils sont toujours distincts les uns des autres ou s'ils s'unissent en un réseau ; en tout cas, s'ils sont disposés en un réseau, les mailles de ce dernier doivent être très inégales. FLEMING admet donc dans le protoplasme la présence de deux substances différentes ; mais il ne

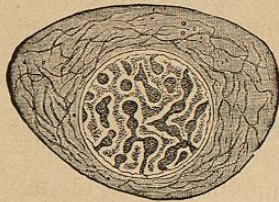


FIG. 6. — Cellule cartilagineuse vivante de la larve de Salamandre, fortement grossie, avec substance filaire nettement marquée. D'après FLEMING. Figure empruntée à HATSCHER (fig. 2).

fournit aucune explication ni sur leur nature chimique ni sur leur état d'agrégation. Il appelle l'une de ces substances : la *substance filamenteuse*, et l'autre, la *substance intermédiaire*, ou encore la *masse filaire* (mitome) et la *masse interfilaire* (paramitome). Quelle est la signification de cette structure, c'est ce que l'on ne peut dire pour le moment ; force est de s'en rapporter à l'avenir.

Dans le paragraphe consacré à l'étude de la structure du protoplasme, je pourrais entrer dans quelques détails sur la disposition radiée que montre le protoplasme à certaines phases de la division nucléaire, ou bien sur l'aspect strié qu'il présente si fréquemment dans les cellules sécrétoires. Mais, comme il s'agit là de structures déterminées par des causes spéciales, nous en parlerons en temps utile.

Enfin, les tendances d'ALTMANN (II, 4), énoncées dans la *théorie granulaire* du protoplasme, sont encore différentes. Cet auteur, en se servant de méthodes spéciales, a rendu visibles, dans le corps de la cellule, de très fines particules, qu'il appelle *granules*. Après avoir conservé les organes dans un mélange d'une solution à 5 0/0 de bichromate potassique et d'une solution à 2 0/0 d'acide osmique, ALTMANN colore les coupes fines de ces organes au moyen de fuchsine acide ; puis il différencie plus nettement la coloration à l'aide d'une solution alcoolique d'acide picrique. Par ce traitement, il apparaît, dans une substance fondamentale incolore, de nombreuses granulations, très délicates, colorées en rouge foncé. Ces granulations, ou bien sont isolées, et alors elles sont plus ou moins serrées ; ou bien elles sont réunies par séries sous forme de filaments.

ALTMANN émet à ce sujet une hypothèse de grande portée. Il considère les granules comme des organismes élémentaires encore plus petits, dont se compose la cellule même : il leur donne le nom de *bioblastes*, leur attribue la texture d'un cristal organisé et les considère comme ayant la même valeur que les microorganismes, qui se disposent, comme éléments distincts, en amas dans une zoogée, ou bien en série dans un filament.

« Dans la zoogée, les différents individus, tout en restant séparés les uns

des autres, sont réunis par un produit gélatineux excrété par son corps ; il en est de même pour les granules de la cellule. Nous admettrons que les granules de la cellule ne sont pas réunis par de l'eau ou par une solution saline seulement, mais également par une substance plus gélatineuse (substance intergranulaire), dont la consistance est souvent celle d'un liquide, tandis que dans d'autres cas elle est beaucoup plus dense. La grande mobilité, qui est propre à maint protoplasme, s'explique dans le premier cas. Lorsque la substance intergranulaire s'accumule, sans granule, quelque part dans la cellule, il se forme alors en ce point un véritable hyaloplasme, qui est dépourvu d'éléments vivants et ne mérite, par conséquent, pas le nom de protoplasme. »

ALTMANN définit donc le protoplasme comme étant une colonie de bioblastes dont les divers éléments sont groupés soit comme dans la zoogée, soit comme dans les filaments caténiformes, et sont réunis par une substance indifférente. « Le bioblaste est donc l'unité morphologique de toute matière organisée ; c'est à lui qu'il faut ramener, en dernière analyse, toutes les considérations biologiques. » Cependant le bioblaste de la cellule est incapable de vivre isolément : il meurt avec la cellule. Mais dans la cellule, ainsi que l'admet ALTMANN, il ne se multiplie que par division (*omne granulum e granulo*).

Contre l'hypothèse d'ALTMANN, pour autant qu'elle se rapporte à l'interprétation des faits observés, s'élèvent diverses objections. 1° Les plus petits microorganismes d'une zoogée se rattachent par de nombreuses transitions, en ce qui concerne leur taille, à des Saccharomycètes et autres champignons-ferments plus volumineux, qui, par leur texture, ne se distinguent pas des cellules et qui, suivant ALTMANN, devraient donc aussi être des colonies de bioblastes. BUTSCHLI a pu distinguer, dans des microorganismes plus volumineux, un noyau et du protoplasme et constater que ces éléments ont la même structure générale que d'autres cellules. Les fouets vibratiles, que possèdent une foule de microorganismes, doivent aussi être considérés comme des organes de la cellule. — 2° Nos connaissances relatives à la disposition et au rôle des granules dans la cellule sont encore trop incomplètes pour justifier cette conclusion qu'ils constituent les éléments propres à la vie de la cellule. L'hypothèse d'ALTMANN détruit complètement la valeur que l'on a attribuée jusqu'ici aux substances de la cellule. La substance intergranulaire d'ALTMANN, qui d'après sa valeur physiologique correspondrait à la substance gélatineuse de la zoogée, est essentiellement le protoplasme de la théorie cellulaire régnante, c'est-à-dire la substance que l'on considère comme l'élément le plus essentiel des phénomènes de la vie. Par contre, les granules appartiennent, au moins partiellement, à la catégorie des enclaves du pro-

toplasme, auxquelles on a jusqu'ici attribué un rôle moins important. Ainsi ALTMANN considère les granulations de mélanine des cellules pigmentées comme les bioblastes, et le protoplasme qui les unit, comme de la substance intergranulaire. De même, ALTMANN renverse complètement la valeur physiologique des substances constitutives du noyau : les granules sont renfermés dans le suc nucléaire, tandis que la substance intergranulaire correspond au réseau nucléaire chromatique.

A notre avis, sous le terme granules, ALTMANN a réuni des éléments de valeur morphologique très différente, qui appartiennent partiellement à la catégorie des produits du protoplasme. Le mérite principal de ces recherches d'ALTMANN sera d'avoir été entreprises à l'aide de méthodes nouvelles ; quant à la théorie des bioblastes qu'il a fondée en s'appuyant sur ces études, elle ne ralliera que peu d'adeptes (comparer la fin du chapitre IX).

e) UNIFORMITÉ DU PROTOPLASME COMME SUBSTANCE ; DIVERSITÉ
DES CORPS CELLULAIRES

Chez tous les organismes, le protoplasme se présente comme une substance essentiellement uniforme. A l'aide de nos moyens actuels d'investigation nous ne pouvons découvrir de différence essentielle entre le protoplasme d'une cellule animale, celui d'une cellule végétale ou celui d'un organisme monocellulaire. Cette identité n'est naturellement qu'apparente ; elle ne repose que sur l'insuffisance de nos moyens d'observation. En effet, comme dans tout organisme le processus de la vie s'accomplit d'une façon qui lui est propre, et comme le protoplasme, abstraction faite du noyau, est le siège principal des divers phénomènes de la vie, il est clair que les différences qui existent entre les organismes doivent dépendre de différences du protoplasme. Nous devons donc supposer, en théorie, qu'il existe entre le protoplasme des divers organismes des différences tant en ce qui concerne la composition que la structure de cette substance. Il est vraisemblable que ces différences importantes sont de nature moléculaire.

En dépit de l'aspect uniforme du protoplasme, les différents corps cellulaires, dont le protoplasme ne constitue qu'une partie plus ou moins considérable, offrent, pris dans leur ensemble, des aspects très différents. Ces différences consistent partiellement dans la forme extérieure des cellules ; mais elles consistent surtout dans la présence de telles ou telles substances au sein du protoplasme. Il arrive parfois que tout le corps de la cellule semble presque exclusivement formé par ces substances, tandis que, dans d'autres cas, elles font défaut. Si nous supposons ces substances extraites,

alors le corps de la cellule contiendra de nombreuses lacunes, plus ou moins étendues, entre lesquelles le protoplasme constituera un réseau parfois très délicat. Comme je l'ai dit précédemment (p. 21), il ne faut pas confondre ce réseau avec la disposition réticulaire que certains auteurs attribuent à la substance protoplasmique et que j'ai décrite dans le paragraphe précédent.

On a proposé de désigner les substances incluses dans le protoplasme sous les noms de *deutoplasme* (VAN BENEDEEN) ou de *paraplasme* (KUPFFER, II, 24). Toutefois, le mot *plasme* ayant toujours été employé pour désigner une substance albuminoïde, et les enclaves pouvant consister en graisse, hydrates de carbone, sucs, etc., il vaut mieux ne pas se servir de ces deux expressions, et les remplacer soit par les termes généraux de *produits internes du protoplasme* et d'*enclaves de la cellule*, soit, selon le cas, par les termes *substances de réserve* et *substances sécrétées* ou encore plus spécialement par les expressions : lamelles vitellines, gouttelettes de graisse, grains d'amidon, granulations pigmentaires, etc.

Entre le protoplasme et les substances que l'on peut réunir sous le nom d'enclaves de la cellule existe une différence analogue à celle qui existe entre les substances qui constituent les organes de notre corps et les substances qui, d'abord incorporées dans notre organisme, circulent ensuite dans tous nos organes, à l'état de solution, sous forme de suc nutritif. Les premières qui se trouvent moins sous la dépendance de l'état de nutrition du corps et qui sont soumises à des variations moindres, on les appelle en physiologie *matériaux permanents* ; les dernières sont désignées sous le nom de *matériaux de consommation*. La même différence est applicable aux substances qui composent le corps de la cellule. *Le protoplasme est une substance permanente ; les substances qu'il renferme sont, au contraire, des matériaux de consommation.*

f) DIVERS EXEMPLES DE STRUCTURE DU CORPS CELLULAIRE

Afin de faire ressortir plus nettement encore les généralités que nous avons exposées concernant les propriétés physico-chimiques et morphologiques du corps de la cellule, nous décrirons quelques exemples spécialement intéressants. Dans ce but, nous comparerons des organismes monocellulaires, des cellules végétales et animales, et nous choisirons comme exemples d'abord des éléments dont le corps consiste presque exclusivement en protoplasme, et ensuite des éléments dont le corps renferme des enclaves diverses qui en modifient nettement l'aspect.

Comme objets principaux pour cette étude du corps cellulaire, nous

devons signaler ces organismes monocellulaires qui vivent dans l'eau ou dans la terre humide, tels que les Amibes, les Myxomycètes et les Rhizopodes; puis, les corpuscules lymphatiques et les corpuscules blancs du sang des Vertébrés, et, enfin, les jeunes cellules végétales.

1° Cellules dont le corps consiste presque exclusivement en protoplasme

Une *amibe* (Fig. 7) est un petit amas de protoplasme, qui émet habituellement à sa surface de courts prolongements lobulés, appelés *pseudopodes*.

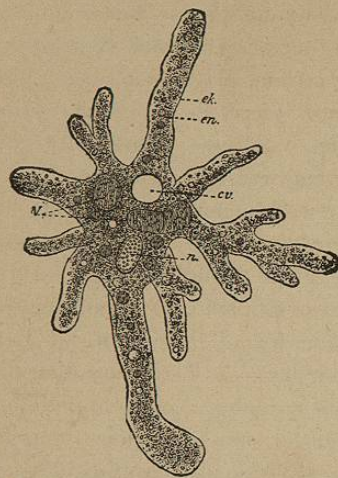


FIG. 7. — *Amoeba Proteus*. D'après LEIDY. Figure empruntée à R. HERTWIG. *n*, noyau; *cv*, vacuole contractile; *N*, ingesta; *en*, protoplasme granuleux; *ek*, ectoplasme.

logé le noyau vésiculeux (*n*).

Les *corpuscules blancs du sang* et les *corpuscules lymphatiques* des Vertébrés présentent de grandes analogies avec une amibe; toutefois, ils sont beaucoup plus petits (Fig. 8). Fraîchement extraits de l'animal vivant, ils constituent des amas de protoplasme plus ou moins arrondis: leur ectoplasme hyalin est à peine appréciable; au sein de leur protoplasme granuleux, leur noyau n'apparaît, sur le frais, que d'une façon très peu nette; parfois même on ne le distingue pas. Après un certain temps, ces corpuscules émettent des prolongements comparables aux pseudopodes des amibes.

Par contre, le *corps protoplasmique*, également nu, des *Myxomycètes* ou des *Rhizopodes* apparaît sous des formes très différentes. Le Myxomycète

Le corps de l'organisme est complètement nu, ce qui signifie qu'il n'est pas délimité par une mince membrane spéciale. Seule la couche superficielle du protoplasme (*ectoplasme, ek*) est dépourvue de granulations: elle est donc transparente. Elle est particulièrement développée dans les pseudopodes. Sous l'ectoplasme siège le protoplasme granuleux, plus foncé (*en*), dans lequel est

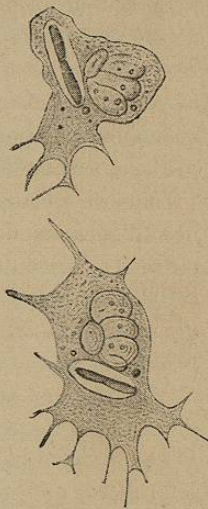


FIG. 8. — *Leucocyte* de la Grenouille, contenant une bactérie en partie digérée. La bactérie est colorée par la résuline. Les deux images représentent deux stades du mouvement d'une même cellule. D'après MERSCHNIKOFF, fig. 54.

que nous connaissons le mieux et qui forme la fleur de tan, l'*Aethalium septicum*, recouvre, pendant son état végétatif, la surface du tan, sous la

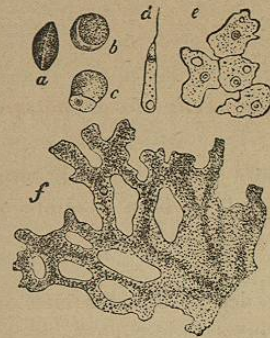


FIG. 9. — *Chondrioderma difforme*. D'après STRASBURGER. *f*, fragment d'un plasmodium âgé. *a*, spore desséchée. *b*, la même, gonflée dans l'eau. *c*, spore dont le contenu est en voie d'expulsion. *d*, zoospore. *e*, myxamibes provenant de la transformation de zoospores; elles commencent à se réunir en un plasmodium. En *d* et en *e* on distingue des vacuoles contractiles.

forme d'une mince couche de protoplasme (*plasmodium*) très étendue.

Le *Chondrioderma*, dont un fragment est représenté dans la figure 9, est un Myxomycète très proche parent du précédent.

Le bord du plasmodium présente de nombreux filaments protoplasmiques, les uns épais, les autres extrêmement minces; ils sont réunis en un réseau élégant. Les filaments épais montrent aussi une mince couche d'ectoplasme homogène, enveloppant du protoplasme granuleux. Les fins filaments ne présentent pas cette différenciation. Dans la masse protoplasmique, parfois très étendue, sont répartis partout de très nombreux noyaux, fort exigus.

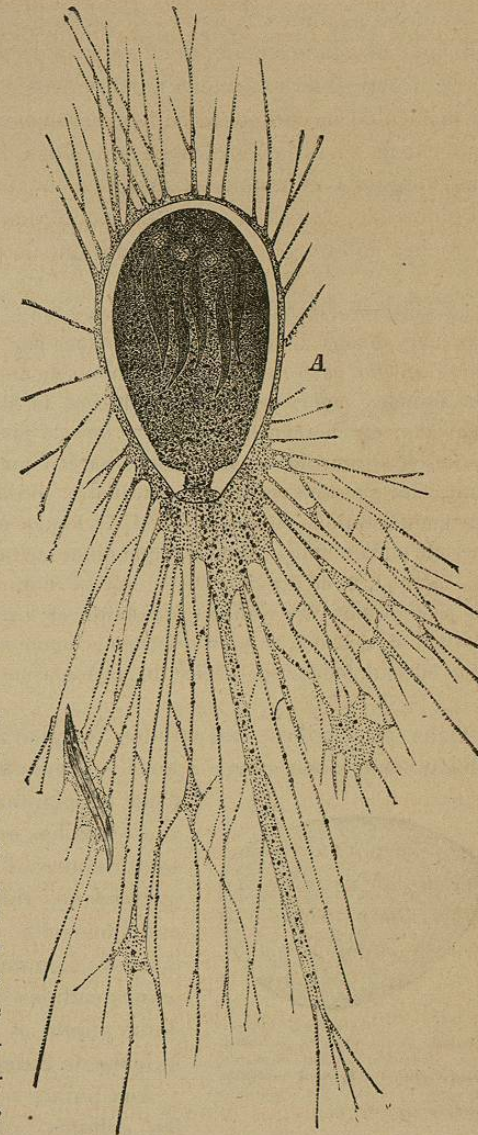


FIG. 10. — *Gromia oviformis*. D'après M. SCHULTZ.