

diffuse et à l'ombre, le protoplasme exécute des mouvements tels que les corps chlorophylliens viennent se placer à la face externe des cellules dirigée vers la lumière (Fig. 52 A); ils disparaissent des parois latérales des cellules. Au contraire, à la lumière directe du soleil, le protoplasme afflue avec les corps chlorophylliens vers les parois latérales (Fig. 52 B), jusqu'à ce que la paroi externe soit complètement dépourvue de chlorophylle. Dans le premier cas, tout l'appareil chlorophyllien prend donc, comme chez *Mesocarpus*, vis-à-vis de la lumière incidente, une position de face, et dans le second cas une position de profil. Dans le premier cas, les feuilles prennent une teinte vert foncé; dans le second cas, une teinte vert pâle.

En outre, les corps chlorophylliens changent même de forme : à la lumière intensive, ils deviennent plus petits et plus sphériques.

Tous ces phénomènes conduisent à un seul et même résultat :

Les corps chlorophylliens se protègent contre un éclairage trop intense soit en exécutant des mouvements de rotation (*Mesocarpus*), soit en se déplaçant ou en changeant de forme. — Quand l'éclairage est faible, les corps chlorophylliens offrent la plus grande surface possible à la source lumineuse, afin de recueillir le plus de lumière possible. Quand l'éclairage est très puissant, c'est l'inverse qui a lieu : les corps chlorophylliens offrent à la lumière la plus petite surface possible.

III. — Excitants électriques

Ainsi que l'ont montré notamment les expériences de MAX SCHULTZE (I, 29) et de KÜHNE (IV, 15), celles d'ENGELMANN et de VERWORN (IV, 39), les courants galvaniques, induits ou constants, agissent comme excitants du protoplasme, lorsqu'ils le traversent directement.

Si l'on place des *poils staminaux de Tradescantia* (Fig. 53) entre les électrodes impolarisables très rapprochés, et qu'on les irrite par de faibles chocs d'induction, on voit dans la partie du réseau protoplasmique traversée par le courant galvanique la circulation du protoplasme granuleux s'arrêter subitement. Il se forme dans les filaments protoplasmiques de petits amas irréguliers qui se détachent des points les plus minces du réseau et passent dans les filaments voisins. Après un temps de repos la circulation recommence : les petits amas de protoplasme sont peu à peu entraînés dans la circulation et répartis dans toute l'étendue de la cellule. Si des chocs d'induction puissants et répétés ont frappé la cellule, alors la circulation cesse complètement, le corps protoplasmique s'étant transformé, par coagulation partielle, en un ou plusieurs amas opaques.

Chez les *Amibes* et les *corpuscules blancs du sang* les mouvements protoplasmiques et pseudopodiques cessent lorsqu'on irrite par de faibles chocs d'induction; après un certain temps, ils se rétablissent normalement. Des chocs d'induction plus puissants ont pour conséquence de faire rentrer rapidement les pseudopodes : le corps cellulaire se ramasse alors en une sphère. Enfin, les courants galvaniques très énergiques déterminent la rupture et la destruction du corps protoplasmique sphérique.

A l'aide de courants induits longtemps prolongés on peut déterminer la destruction, par fractionnement, des organismes monocellulaires. Chez *Actinosphaerium* le phénomène s'accomplit de la manière suivante. Les pseudopodes dirigés vers les deux électrodes montrent bientôt des varicosités et rentrent peu à peu, le protoplasme s'étant amassé en une petite sphère ou en un fuseau (Fig. 54). Ensuite, en ces points, la surface du corps se détruit de plus en plus : il se produit une sorte de fonte, puis les vacuoles liquides contenues dans le protoplasme éclatent. Par contre, les pseudopodes dirigés perpendiculairement à la direction du courant ne subissent aucun changement. Lorsqu'on écarte l'excitant, l'animal, éventuellement réduit à la moitié ou au tiers de ce qu'il était, se rétablit peu à peu et se complète en régénérant les parties perdues.

Un phénomène semblable s'accomplit, quand on se sert d'un courant constant, pour *Actinosphaerium* (Fig. 55), *Actinophrys*, *Pelomyxa* et les *Mycomyxètes*. Lors de la fermeture du courant (Fig. 55, +) il se produit une excitation au pôle positif (anode) : elle se manifeste par le retrait des pseudopodes. Si la durée du courant est prolongée, le protoplasme se détruit au point d'entrée du courant. Quand on ouvre le courant, la fonte protoplasmique cesse aussitôt à l'anode, en même temps que le protoplasme s'accumule momentanément à la surface du corps tournée vers la cathode.

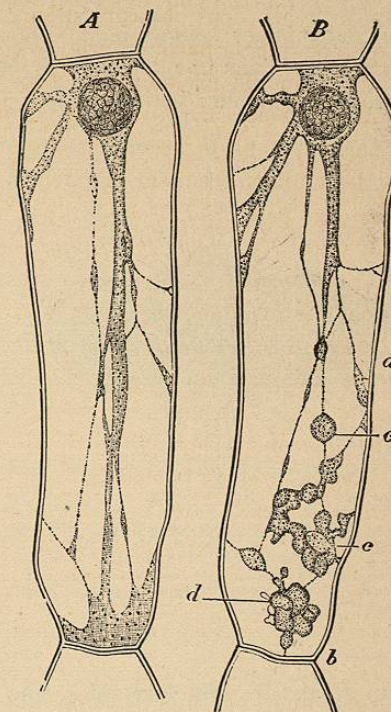


FIG. 53. — A et B. Cellule d'un poil staminal de *Tradescantia virginica*. A, courant protoplasmique normal; B, le protoplasme ramassé en petites sphères après une irritation. a, membrane cellulaire. b, cloison transversale entre deux cellules, c, d, protoplasme ramassé en petits amas sphériques (d'après KÜHNE) Figure empruntée à VERWORN (fig. 13).

Les phénomènes d'irritation que VERWORN a découverts chez un certain nombre d'organismes monocellulaires (IV, 39 et 40) et qu'il a décrits sous le nom de PHÉNOMÈNES DE GALVANOTROPISME sont particulièrement intéressants et importants.

Par galvanotropisme VERWORN désigne la propriété que possèdent certains organismes soumis à l'action d'un courant constant d'exécuter des mouvements dans une direction déterminée, comme ils le font sous l'action des rayons lumineux (héliotropisme). « Si l'on dépose sur un porte-objet, entre

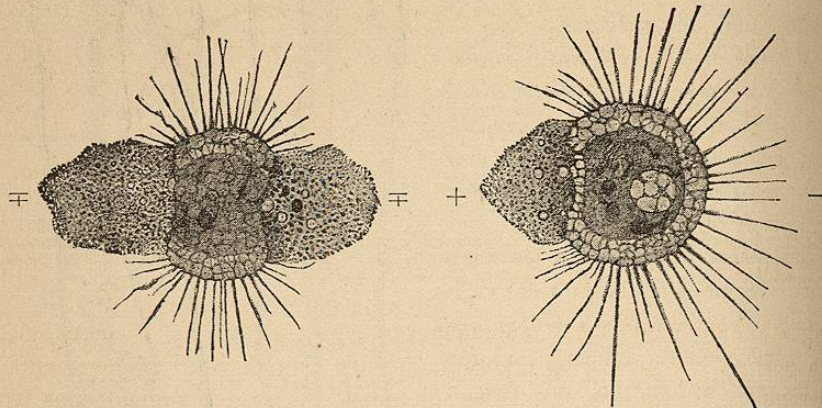


FIG. 54. — *Actinosphaerium Eichhornii*. Action des courants induits prolongés. Destruction du protoplasme aux deux pôles. D'après VERWORN, pl. 1, fig. 5.

FIG. 55. — *Actinosphaerium Eichhornii* placé entre les deux pôles d'un courant constant. Quelque temps après la fermeture du courant, la décomposition granuleuse du protoplasme commence à l'anode (+); à la cathode (-) les pseudopodes sont redevenus normaux. D'après VERWORN, pl. 1, fig. 2.

deux électrodes impolarisables, une goutte d'eau contenant le plus grand nombre possible d'individus de l'espèce *Paramæcium aurelia* et que l'on ferme ensuite le courant galvanique, alors on voit au moment de la fermeture du courant toutes les Paramécies quitter l'anode et se précipiter en masse serrée vers la cathode, où elles s'accablent. Après quelques secondes tout le restant de la goutte d'eau est complètement dépourvu d'Infusoires : seule, sa partie cathodique en montre une vraie fourmilière. Les Infusoires y restent pendant toute la durée du courant. Si alors on ouvre le courant, on voit toute la masse des Infusoires quitter la cathode et se diriger vers l'anode. Néanmoins, ils ne s'amassent pas tous à l'anode, mais une partie d'entre eux restent uniformément disséminés dans la goutte d'eau, sans se placer cependant, au début, au voisinage de la cathode, ce qu'elles ne font que progressivement, quelque temps après l'ouverture du courant. Finalement tous les protistes se trouvent de nouveau répartis uniformément dans la goutte d'eau.»

Si l'on emploie des électrodes pointus, les Paramécies se disposent dans

les lignes de courant vers la cathode (Fig. 56, A). On obtient ainsi une image semblable à celle que montrent les limailles de fer attirées par un aimant. « En outre, ajoute VERWORN, lorsque toutes les Paramécies se sont précipitées vers le pôle négatif, on observe que la plupart d'entre elles sont accumulées en arrière, c'est-à-dire au-delà du pôle négatif (par rapport au pôle positif), et qu'il n'y en a qu'un petit nombre de l'autre côté du pôle (Fig. 56, B). Lors de l'ouverture du courant, les Paramécies se redi-

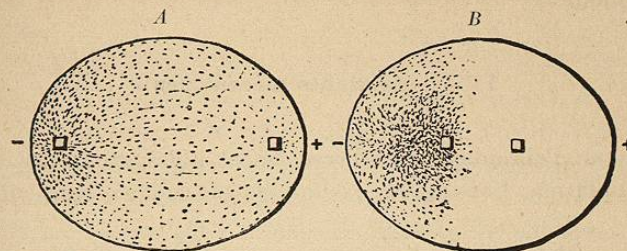


FIG. 56. — Lors de la fermeture du courant constant, toutes les Paramécies contenues dans une goutte d'eau (A) se dirigent, suivant les lignes de courant, vers le pôle négatif et s'amassent après un certain temps au-delà du pôle négatif (B). D'après VERWORN (IV, 40), fig. 20.

rigent, de la façon décrite plus haut, vers le pôle positif, et cela, au début, en suivant les lignes de courant, jusqu'à ce que leurs mouvements deviennent irréguliers, et qu'elles se répartissent irrégulièrement dans la goutte d'eau.»

Beaucoup d'autres Infusoires : *Stentor*, *Colpoda*, *Halteria*, *Coleps*, *Urocentrum* et des Flagellates : *Trachelomonas*, *Peridinium*, sont galvanotropiques.

Les Amibes le sont également. Au début de la fermeture du courant constant, la circulation de leur protoplasme granuleux s'arrête ; puis subitement il se forme, à l'extrémité de leur corps dirigée vers la cathode, des pseudopodes hyalins ; le restant de la substance de leur corps afflue alors dans la même direction et, de nouveaux pseudopodes continuant à se produire, les Amibes rampent vers la cathode. Quand on renverse le courant, on peut observer une inversion subite de l'afflux protoplasmique et une reptation en sens inverse.

On peut appeler le mouvement vers la cathode *galvanotropisme négatif*. De même qu'il existe un héliotropisme négatif et un héliotropisme positif, de même dans un certain nombre de cas on peut observer aussi un *galvanotropisme positif*. C'est ce que VERWORN a constaté chez *Opalina ranarum*, chez certaines bactéries et chez des Flagellates, comme *Cryptomonas* et *Chilomonas*. Lors de la fermeture du courant, ces diverses espèces, au lieu de se diriger vers la cathode se dirigent vers l'anode et s'y accumulent. Si dans une goutte d'eau il existe simultanément des Ciliés et des Flagellates, lors

de la fermeture du courant constant ces organismes se précipitent en sens inverse, de telle sorte que finalement ils sont répartis en deux groupes, les Flagellates à l'anode et les Ciliés à la cathode. Si alors on renverse le courant, ces organismes se jettent les uns sur les autres, comme des ennemis, jusqu'à ce qu'ils se soient de nouveau accumulés aux pôles opposés. Toute fermeture du courant établit ainsi, en quelques secondes, une séparation nette de ces organismes précédemment entremêlés les uns dans les autres.

IV. — Excitants mécaniques

La pression, l'ébranlement et l'écrasement agissent comme excitants sur le protoplasme. Lorsque les excitations mécaniques sont faibles, leur

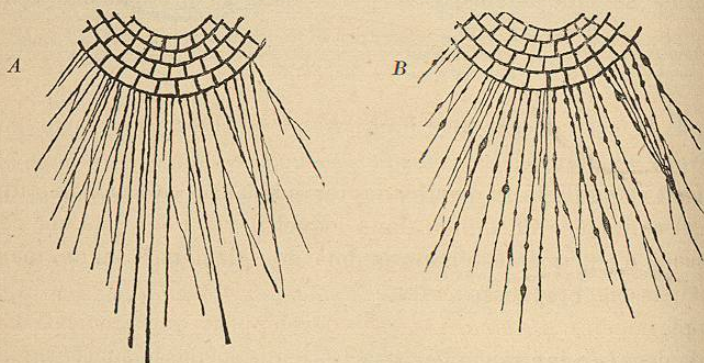


FIG. 57. — *Orbitolites*. Fragment de la surface avec pseudopodes. A gauche (A), l'organisme n'a pas été excité; à droite (B), il a été excité par un ébranlement prolongé. D'après VERWORN (III, 24), fig. 7.

action reste limitée aux points excités; quand elles sont énergiques, elle se propage à une plus grande distance et plus ou moins rapidement. Lorsqu'une cellule de *Tradescantia* ou de *Chara*, ou bien un plasmodium d'*Aethalium*, est ébranlé ou comprimé en un point, le mouvement du protoplasme granuleux s'arrête longtemps; les filaments protoplasmiques peuvent même montrer des varicosités et des amas, comme cela a lieu par excitation à l'aide du courant galvanique. C'est ainsi que souvent, en faisant la préparation, le fait seul de déposer le couvre-objet suffit pour arrêter les mouvements du protoplasme. Après un certain temps de repos, ils se rétablissent ensuite peu à peu.

Les Amibes et les corpuscules blancs du sang, que l'on ébranle violemment, retirent leurs pseudopodes et prennent une forme sphérique. Les Rhizopodes pourvus de longs filaments protoplasmiques exécutent sou-

vent ces mouvements avec une telle énergie que leurs extrémités adhérentes au porte-objet se rompent (VERWORN).

A l'aide d'une aiguille très affilée, on peut exciter ces organismes en un point déterminé. L'action reste alors limitée à ce point si l'excitation est faible, et elle se manifeste par la formation de varicosités et par le raccourcissement du pseudopode touché. Si les excitations sont vives et répétées, elles déterminent des contractions même dans les pseudopodes, qui ne sont pas au voisinage immédiat de ceux qui ont été touchés (Fig. 57, B).

Ce phénomène est important pour la préhension des aliments chez les Rhizopodes. Lorsqu'un Infusoire ou un autre microorganisme quelconque vient au contact d'un pseudopode étalé, il est retenu par lui et est enveloppé par du protoplasme. Ensuite, le pseudopode se raccourcit progressivement, parfois même les pseudopodes voisins interviennent, et le microorganisme se trouve ainsi transporté dans le protoplasme central du Rhizopode, où il est digéré.

V. — Excitants chimiques

Le corps d'une cellule peut s'adapter jusqu'à un certain point aux changements chimiques du milieu dans lequel il vit. Pour cela une condition essentielle, c'est que ces changements ne soient pas subits, mais qu'ils s'accomplissent progressivement.

Les plasmodies d'*Aethalium* se développent parfaitement dans une solution de sucre de raisin à 20/0, à la condition que le sucre ne soit ajouté à l'eau que peu à peu, par faibles doses (IV, 35). Si on les transportait subitement de l'eau pure dans la solution en question, ce changement brusque entraînerait la mort, et il en serait de même si, habituées à vivre dans la solution sucrée à 20/0, on les replaçait subitement dans l'eau pure. Le protoplasme doit donc avoir le temps de s'adapter aux circonstances, ce qui se fait probablement par accroissement ou diminution de la proportion d'eau qu'il contient.

Des Amibes et des Rhizopodes marins restent en vie si, par une évaporation progressive, l'eau de mer qui les contient et tenue en vase ouvert arrive même à contenir 10 0/0 de sel. Les Amibes d'eau douce, par contre, s'habituent à vivre dans une eau dans laquelle on a introduit peu à peu 4 0/0 de sel marin, tandis que, si on les dépose subitement dans une solution saline à 1 0/0 seulement, elles se ramassent en boules et finissent par se fragmenter en gouttelettes réfringentes.

En s'adaptant à un nouveau milieu chimique les divers corps cellulaires