

donne d'autres substances. Le suc cellulaire représente donc une solution concentrée de substances diffusibles ; il exerce sur l'eau une puissante action attractive, et sur les enveloppes qui l'entourent une pression

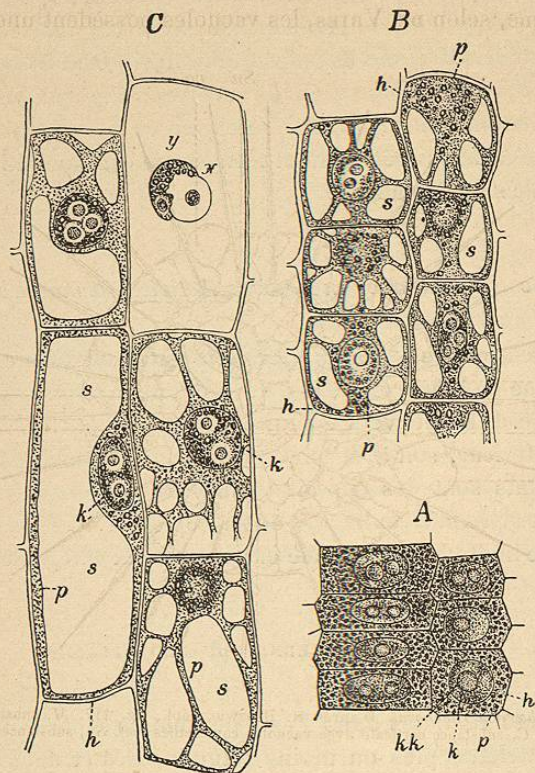


FIG. 62. — Cellules prises dans la zone moyenne du parenchyme cortical de la racine du *Fritillaria imperialis*. Coupe longitudinale grossie cinq cent cinquante fois. D'après SACHS (II, 33, fig. 75). A, très jeunes cellules, encore dépourvues de suc cellulaire et situées immédiatement au-dessus du sommet 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 (*x, y*). *k*, noyau ; *kk*, nucléole ; *h*, membrane.

interne souvent considérable. Il en résulte un état de tension, une turgescence, dont nous avons parlé précédemment (p. 133).

Beaucoup de botanistes, et notamment DE VRIES (V, 35) et WENT, considèrent les vacuoles comme des organes spéciaux de la cellule, qui ne se forment pas par hasard dans le corps de la cellule, mais qui ne peuvent se produire que par division. Déjà, dans les cellules les plus jeunes, il existerait, d'après ces auteurs, des vacuoles extraordinairement petites, qui se multiplieraient constamment par division et se répartiraient sur les cel-

lules filles lors de la division de la cellule. Il en résulte que toutes les vacuoles de la plante adulte dériveraient des vacuoles du méristème. Cette manière de voir est combattue par d'autres auteurs. De même que le protoplasme est extérieurement délimité par une couche pariétale ectoplasmique, de même, selon DE VRIES, les vacuoles possèdent une paroi propre

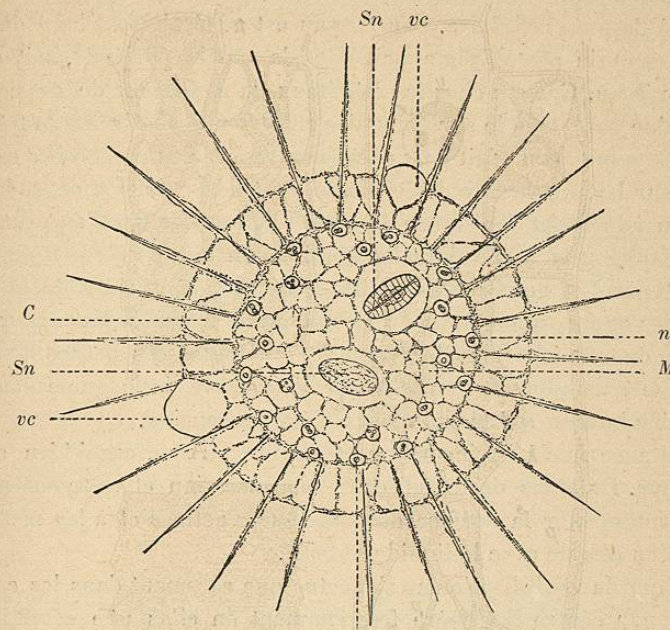


FIG. 63. — *Actinosphaerium Eichhorni*. D'après R. HEITWIG, Zool., fig. 117. *M*, substance médullaire avec noyau (*n*). *C*, substance corticale avec vacuoles contractiles (*vc*). *Sn*, substance nutritive.

(tonoplaste), qui règle l'élimination et l'accumulation des substances dissoutes dans le suc cellulaire.

Il se forme aussi très fréquemment des vacuoles chez les organismes inférieurs. Chez *Actinosphaerium*, par exemple, le corps protoplasmique acquiert un aspect alvéolaire par suite de l'existence de nombreuses vacuoles plus ou moins volumineuses.

Des vacuoles peuvent aussi exister en nombre moindre et constant : c'est fréquemment le cas chez les Infusoires, où ces organes sont pourvus d'une paroi contractile et méritent alors le nom de vacuoles contractiles (p. 80).

Enfin, il se produit une accumulation de suc cellulaire dans des vacuoles spéciales que l'on observe, dans maintes cellules animales qui entrent dans la constitution d'organes de protection ou de soutien du corps. Les tentacules d'une foule de Coelentérés, certains appendices du corps des

Annélides, la *corde dorsale des Vertébrés* possèdent dans leur axe des cellules vésiculeuses, relativement volumineuses, qui sont extérieurement délimitées par une épaisse membrane et dont l'intérieur ne contient guère que du succellulaire, le protoplasme étant extrêmement réduit. Le protoplasme de ces cellules s'étale, en effet, en une mince couche appliquée contre la membrane cellulaire et émettant çà et là de fins filaments qui parcourent l'espace cellulaire. Leur noyau est généralement logé dans un épaissement du protoplasme, soit dans la couche pariétale, soit en un point du réseau. Comme chez les végétaux, la membrane de ces cellules est distendue parce que le suc cellulaire renferme des substances très diffusibles. Bien que l'on n'ait pas encore entrepris des recherches expérimentales sur la turgescence des organes dont nous parlons, cependant ce n'est qu'en admettant l'existence de cette turgescence que l'on peut comprendre comment la corde dorsale constitue un axe de soutien du corps des Vertébrés. Les nombreuses petites cellules turgescents de la corde sont réunies en un organe unique par une gaine élastique externe qui les enveloppe de toutes parts : il en résulte que toutes ces petites forces de turgescence s'unissent et exercent sur l'ensemble de la gaine élastique une pression interne qui la maintient à l'état de tension.

La substance nucléaire incorpore et élimine du suc, aussi bien que le protoplasme. Dans les deux cas, cette incorporation et cette élimination servent à augmenter la surface des substances actives et à les mettre en relation plus directe avec le liquide nutritif.

Tandis que la vacuolisation ne s'effectue que rarement dans les cellules animales, par contre il s'opère fréquemment en elles une sécrétion de substances molles ou solides : graisse, glycogène, mucus, albuminates et mélanges fixes de plusieurs substances.

La *graisse* peut, comme le suc cellulaire dans les jeunes cellules végétales, se former d'abord sous forme de petites gouttelettes, dans le corps protoplasmique. Comme les vacuoles des cellules végétales jeunes, ces gouttelettes s'accroissent ultérieurement, se fusionnent et constituent finalement une seule grosse goutte, qui remplit tout l'espace cellulaire et qui n'est alors délimitée que par une très mince couche de protoplasme avec noyau, tapissant une fine membrane cellulaire.

Le *glycogène* s'accumule en gouttelettes isolées dans les cellules hépatiques : ces gouttelettes prennent dans l'iodure de potassium une coloration brun acajou, qui les rend très apparentes.

La *substance mucigène* remplit l'intérieur des cellules chargées de son élaboration (Fig. 64), souvent en quantité telle que ces cellules se renflent en vésicules ou prennent la forme d'une *coupe*. Le protoplasme, contenant le noyau, est souvent amassé à la base de la cellule ; il enveloppe, en

outre, la substance mucigène d'une mince couche pariétale, d'où partent des filaments protoplasmiques réticulés, qui parcourent l'espace cellulaire. Par l'action de diverses couleurs d'aniline, la substance mucigène se distingue nettement du protoplasme par sa coloration.

Les produits internes du protoplasme acquièrent très souvent une solidité considérable dans les œufs qui se chargent de substances de réserve. D'après la forme qu'ils affectent, on les distingue sous les noms de *sphères vitellines* (Fig. 65), de *granulations vitellines*, de *plaques ou lamelles vitellines*. Tous ces éléments représentent généralement, au point de vue chimique, un mélange d'albuminates et de graisse. Plus sont nombreux, petits et serrés les éléments vitellins, plus le corps protoplasmique prend un aspect alvéolaire et réticulé.

Divers produits du protoplasme montrent une structure cristalline. C'est le cas pour les *cristaux de guanine*, qui donnent à la peau et au péritoine des Poissons leur brillant d'argent caractéristique ; c'est le cas encore pour les *granulations pigmentaires* des cellules pigmentées.

Certaines cellules végétales renferment des produits du protoplasme semblables à ceux que l'on rencontre dans des cellules animales ; toutefois



FIG. 64. — Cellule calici-forme de l'épithélium de la vessie de *Squatina vulgaris*, durcie par le liquide de Muller. D'après List, pl. I, fig. 9.



FIG. 65. — Éléments vitellins de l'œuf de Poule. D'après BALFOUR. A, vitellus jaune ; B, vitellus blanc.

ils n'existent habituellement que dans certains organes particuliers, qui servent soit spécialement à l'accumulation des substances de réserve, soit à la reproduction comme les graines. Les cellules sont alors remplies de gouttelettes d'huile (graines oléagineuses) ou de granulations de diverses substances albuminoïdes (*vitelline, gluten, aleurone*), ou de cristoïdes d'albumine, ou de grains d'amidon. Nous en reparlerons plus loin.

Tandis que les produits internes du protoplasme, dont nous venons de nous occuper, sont accumulés transitoirement pendant la nutrition pour être ensuite utilisés, et constituent, par conséquent, des formations très instables, il en est d'autres qui atteignent un *très haut degré d'organisation* et qui remplissent dans la cellule une fonction permanente. A cette catégorie appartiennent les *formations squelettiques internes* du corps

protoplasmique, les divers grains que l'on désigne d'une façon générale dans les cellules végétales, sous le nom de *trophoplastes*, les *capsules urticantes* des Cœlentérés ; enfin, les *fibrilles musculaires*, les *fibrilles nerveuses*, etc.

Il existe un *squelette interne* chez une foule de Protozoaires ; c'est chez les Radiolaires surtout qu'il affecte les formes les plus diverses et les plus élégantes. Ce squelette se compose tantôt de tigelles disposées régulièrement, tantôt d'élégantes sphères treillisées, perforées, tantôt de ces deux espèces de formations à la fois (Fig. 66). Dans certaines familles de Radiolaires, le squelette interne est formé d'une substance organique, soluble dans les acides et les alcalis ; mais le plus souvent il est formé d'acide silicique combiné à un substratum organique, comme dans les os des Vertébrés les phosphates sont combinés à l'osséine. Tous ces squelettes ont une forme caractéristique et constante pour chaque espèce ; ils montrent, en outre, dans leur mode de formation, des rapports absolument réguliers (R. HERTWIG, V, 40).

Sous le nom de *trophoplastes* on désigne des produits de différenciation, hautement organisés, du protoplasme végétal, dont la constance et l'indépendance fonctionnelle sont égales à celles du noyau cellulaire. Ces éléments jouent un rôle important dans la nutrition végétale, attendu que c'est en eux que s'accomplit tout le processus de l'assimilation et de la formation de l'amidon (MEYER, V, 9 à 11).

Les trophoplastes sont de petits grains, généralement sphériques ou ovales, d'une substance apparentée au protoplasme, mais cependant différente de lui. Ils se détruisent facilement dans l'eau et les réactifs, et, pour les fixer, il convient d'employer surtout la teinture d'iode ou l'acide picrique concentré. Dans la nigrosine ils se colorent aussitôt en bleu d'acier et apparaissent alors nettement dans le corps protoplasmique. Ils existent souvent en grand nombre dans la cellule et peuvent activement changer de forme. D'après les recherches de SCHMITZ (V, 29), de SCHIMPER (V, 27 et 28) et de MEYER (V, 9 à 11), il semble que dans le protoplasme ne s'effectue pas une néoformation directe de trophoplastes, mais qu'ils s'y

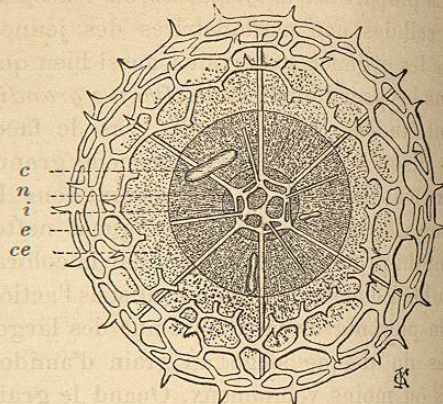


FIG. 66. — *Haliomma erinaceus*. D'après R. HERTWIG, Zool., fig. 82. *e*, sphère treillisée externe. *i*, sphère treillisée interne. *c*, capsule centrale. *ce*, corps mou extracapsulaire. *n*, vésicule interne (noyau).

multiplient à certains moments comme les noyaux. Les trophoplastes de toutes les générations de cellules dériveraient donc des trophoplastes que renferme déjà l'ovule végétal.

Les trophoplastes peuvent présenter diverses modifications et accomplir diverses fonctions : c'est pourquoi on les distingue en amyloplastes ou leucoplastes, en chloroplastes et en chromoplastes.

La plupart des *amyloplastes* ou *leucoplastes* (Fig. 67) se trouvent dans les cellules non assimilatrices des jeunes organes de la plante et de tous les organes souterrains, aussi bien que dans les tiges et les pétioles. Dans les pseudo-bulbes de *Phajus grandifolius*, qui ont été particulièrement étudiés, ils constituent, vus de face, des disques ellipsoïdaux, finement granuleux ; vus de profil, ils apparaissent sous la forme de tigelles. Ils se distinguent nettement du protoplasme ambiant par la coloration bleu d'acier qu'ils prennent sous l'action de la picronigrosine. Contre une des larges faces du disque siège un grain d'amidon plus ou moins volumineux. Quand le grain d'amidon est petit, il est enveloppé d'un mince revêtement de la substance propre du leucoplaste ; quand, au contraire, il est volumineux, seule sa surface tournée vers l'amyloplaste présente ce revêtement. Dans ce dernier cas, on observe dans le grain d'amidon une striation concentrique telle que le noyau organique autour duquel les couches

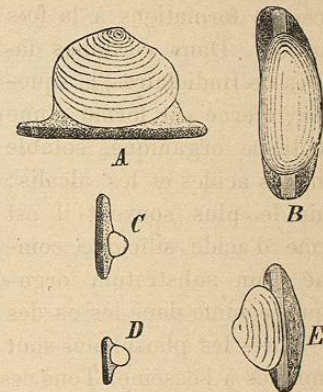


FIG. 67. — *Phajus grandifolius*, amyloplastés du pseudobulbe. D'après STRASBURGER, Bot. Prakt., fig. 30. *A*, *C*, *D*, *E*, vus de profil. *B*, vu d'en haut. *E*, coloré en vert. Grossissement : 540 diamètres.

sont disposées se trouve au voisinage de la surface opposée au leucoplaste. Il en résulte qu'en ce point les couches sont très minces et vont en s'épaississant progressivement vers le leucoplaste. Il en résulte aussi que ces couches sont nourries par lui. Fréquemment, il existe encore dans la substance même de l'amyloplaste un cristal d'albumine, tigelli-forme, appliqué contre la face opposée au grain d'amidon.

L'amidon ne pouvant être engendré par synthèse que dans les parties vertes des plantes, les amyloplastés blancs ne peuvent donc être considérés comme les véritables lieux d'origine de l'amidon. Ils doivent plutôt recevoir cette substance sous une forme dissoute, peut-être à l'état de sucre (SACHS), des points où s'accomplit l'assimilation. Leur rôle consiste donc alors exclusivement à retransformer la substance dissoute en un produit solide et organisé.

Les chloroplastes ou corps chlorophylliens (Fig. 68) sont des éléments

apparentés aux amyloplastés. En effet, ces derniers peuvent se transformer directement en chloroplastes, lorsque, sous l'influence de la lumière, il se développe de la chlorophylle dans leur substance. Les amyloplastés verdissent alors, augmentent de volume et perdent leur grain d'amidon, qui se dissout. D'autre part, les corps chlorophylliens se développent aussi aux dépens de trophoplastes incolores, qui existent à l'état d'ébauches indifférentes aux points végétatifs. Enfin, ils se multiplient par division (Fig. 68) : leur substance s'accroît ; ils s'allongent, prennent la forme d'un biscuit et finalement s'étranglent en leur milieu.



FIG. 68. — Corps chlorophylliens de la feuille de *Funaria hygrometrica*, au repos et en voie de division. Grossissement : 540 diamètres. D'après STRASBÜRGER, Bot. Prakt., fig. 25.

Les corps chlorophylliens consistent en une substance fondamentale ou *stroma*, offrant les réactions de l'albumine, et en une matière colorante verte, la *chlorophylle*, qui imprègne, imbibe le stroma. La chlorophylle est extractible par l'alcool et montre dans la solution une fluorescence nette, en ce sens qu'elle est verte à la lumière directe et rouge sang à la lumière réfléchie.

Dans les corps chlorophylliens sont habituellement logés plusieurs petits grains d'amidon, qui y sont formés par assimilation. On en démontre aisément l'existence lorsqu'après avoir dissous la chlorophylle par l'alcool on ajoute de la teinture d'iode.

Ainsi que l'ont prouvé les recherches de STAHL, les corps chlorophylliens, abstraction faite des changements de position que leur fait subir la circulation protoplasmique (p. 98), peuvent aussi *changer activement de forme sous l'impression des rayons lumineux*. Tandis qu'à la lumière diffuse du jour ils constituent des disques polygonaux, dont la plus large face est dirigée vers la source lumineuse, ils se ramassent en de petits corps sphériques ou ellipsoïdaux quand ils se trouvent exposés à la lumière directe du soleil. Ils accomplissent ainsi un mouvement utile à la fonction chlorophyllienne et arrivent par là « à offrir à la lumière du soleil une petite surface, et à la lumière diffuse du jour, une grande surface de réception des rayons lumineux. Ils nous donnent ainsi un aperçu du haut degré de leur différenciation interne, aperçu que ne saurait nous fournir la simple étude de leur activité chimique ». (DE VRIES, V, 46.) De même que les noyaux, ces éléments, en raison de leur multiplication par division, en raison de leur grande motilité et de leur fonction dans le phénomène d'assimilation, apparaissent comme *des formations très autonomes et hautement individualisées du protoplasme*.

Enfin mentionnons encore une autre catégorie de trophoplastes, les *chromoplastes*, qui déterminent notamment la coloration jaune et rouge

orangé d'une foule de fleurs. Les chromoplastes consistent en un substratum protoplasmique, de forme généralement très irrégulière : fusiforme, falciforme, triangulaire ou trapézoïdal. Dans ce substratum sont déposés des cristaux de substance colorante. On peut aussi suivre, dans certains objets, le développement progressif des chromoplastes aux dépens des trophoplastes incolores. WEISS a observé que ces éléments peuvent manifester des mouvements spontanés et des changements de formes.

Nous terminerons la description des diverses espèces de trophoplastes en étudiant de plus près la *structure des grains d'amidon*, les recherches de NÆGELI (V, 17, 20) et les conclusions qui en découlent ayant acquis une grande importance théorique.

Les grains d'amidon (Fig. 69) offrent dans la cellule végétale une taille extrêmement variable. Les uns sont si petits qu'ils n'apparaissent que comme des points quand on les examine à l'aide des plus forts grossissements ; d'autres atteignent jusqu'à 0,02 de millimètre. Leur réaction vis-à-vis des solutions d'iode est caractéristique. Selon le degré de concentration de la solution, ils prennent une coloration variant entre le bleu clair et le bleu noirâtre. Ils gonflent considérablement dans l'eau chaude et se transforment en empois par la coction.

Les grains d'amidon sont tantôt ovoïdes, tantôt sphériques, tantôt plus irréguliers. Examinés sous un fort grossissement, ils montrent une stratification nette : à la coupe optique on observe des stries claires, plus larges, alternant avec des stries foncées, plus étroites. NÆGELI explique ce phénomène en admettant que le grain d'amidon se compose alternativement de lamelles plus pauvres et de lamelles plus riches en eau. STRASBÜRGER pense, au contraire, que « les lignes plus foncées sont les faces d'adhésion particulièrement marquées de lamelles superposées et plus ou moins complètement semblables ».

Les lamelles (Fig. 69) sont disposées autour d'un noyau organique, qui occupe ou bien le centre du grain tout entier (B, C), ou bien, ce qui est plus souvent le cas, une position excentrique (A). Il n'est pas rare non plus de trouver des grains d'amidon présentant plusieurs systèmes de

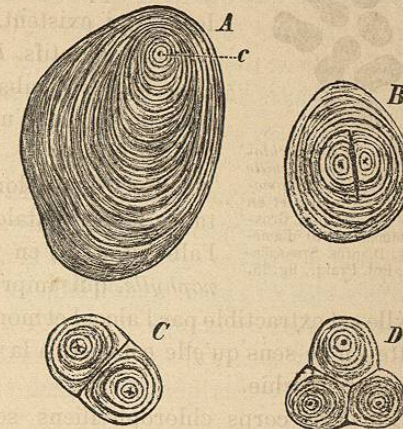


FIG. 69. — Grains d'amidon d'un tubercule de pomme de terre. D'après STRASBÜRGER, Bot. Prakt., fig. 7. A, grain d'amidon simple. B, grain d'amidon semi-composé. C et D, grains d'amidon composés. c, noyau organique. Grossissement : 540 diamètres.

lamelles disposés autour de deux (B, C) ou de trois (D) noyaux organiques. Il faut alors les appeler des grains *composés*, par opposition aux grains simples qui n'ont qu'un seul noyau organique. Lorsque le noyau organique est central, les lamelles d'amidon qui l'entourent ont partout sensiblement la même épaisseur. Lorsqu'il est excentrique, au contraire, seules les lamelles les plus internes, qui l'entourent immédiatement, ont une épaisseur égale dans toute leur étendue, tandis que les lamelles périphériques possèdent leur plus grande épaisseur au point opposé au noyau organique; elles s'amincissent alors progressivement au fur et à mesure qu'elles s'approchent du noyau organique et finissent par devenir si fines, au voisinage immédiat de ce noyau, que l'on ne peut plus les distinguer des lamelles voisines, ou bien qu'elles s'y terminent librement.

Dans tout grain d'amidon la teneur en eau augmente de la surface vers le centre. Le noyau organique est la partie la plus imprégnée d'eau, tandis que la couche la plus superficielle en relation directe avec le protoplasme montre la texture la plus dense. C'est à cela qu'il faut attribuer ce fait que, par la dessiccation des grains d'amidon, il se forme dans le noyau organique des fissures qui s'irradient ensuite vers la périphérie (NÄGELI, V, 17).

Comme nous l'avons déjà mentionné, chez les plantes les grains d'amidon ne prennent généralement pas naissance directement dans le protoplasme, mais dans des produits de différenciation du protoplasme, dans les amyloplastés et dans les corps chlorophylliens. Selon que le grain se trouve situé à l'intérieur ou à la surface d'un de ces éléments, la stratification prend l'un ou l'autre des caractères que nous avons décrits plus haut. C'est ce qui résulte des observations de SCHIMPER (V, 27). Dans le premier cas, les lamelles d'amidon se forment uniformément autour du noyau organique, parce qu'elles sont également nourries de toutes parts par la substance de l'amyloplaste. Dans le second cas, la partie du grain d'amidon plus rapprochée de la surface se trouve dans des conditions de croissance plus défavorables. Il se forme alors beaucoup plus de substance sur la face du grain tournée vers l'amyloplaste; les lamelles y deviennent plus épaisses pour s'amincir vers la face opposée. Il en résulte que le noyau organique, autour duquel se déposent les lamelles, est repoussé de plus en plus à la surface de l'amyloplaste et occupe, par conséquent, une position de plus en plus excentrique dans le système des lamelles.

Une observation de SCHIMPER (V, 27) prouve que les grains d'amidon s'accroissent par apposition de nouvelles lamelles à la surface des plus anciennes. SCHIMPER a trouvé des grains d'amidon à la surface desquels avait eu lieu un phénomène de dissolution, qui avait ensuite été inter-

rompu. Dans ce cas, des lamelles récentes s'étaient développées autour du grain corrodé.

D'après STRASBÜRGER, dans certains cas, des grains d'amidon se forment aussi directement dans le protoplasme, sans coopération d'amyloplastés. Dans les cellules des rayons médullaires des Conifères, STRASBÜRGER a trouvé leur première ébauche sous forme de granulations insignifiantes logées dans les cordons du réseau protoplasmique. Quand ces éléments sont devenus plus volumineux, ils sont nettement logés dans des poches protoplasmiques, dont la paroi interne est un peu plus réfringente et contient des microsomes.

Les capsules urticantes (Fig. 70) constituent un produit interne du protoplasme admirablement organisé. Elles se développent spécialement chez les Coelentérés, dans les cellules urticantes, réparties à la surface de l'ectoderme, et servent d'armes offensives. Elles consistent en une capsule ovalaire (a et b), formée d'une substance réfringente et possédant un orifice à son extrémité tournée vers la surface de l'épiderme. Contre la face interne de la capsule est intimement appliquée une fine lamelle qui se continue, au bord de l'orifice, en un tube urticant de structure souvent complexe (comparer Fig. 70, a et b).

Dans la figure, le tube urticant se compose d'une partie initiale, plus large et conique, et d'un tube très long et très fin. La partie initiale est invaginée à l'intérieur de la capsule et couverte de quelques crochets de longueurs différentes. Le tube terminal part du sommet du cône initial, autour duquel il est enroulé en de nombreux tours de spire. L'intérieur, libre, de la capsule est rempli par un produit de sécrétion urticant. Le protoplasme qui enveloppe la capsule urticante est différencié en une gaine contractile, perforée aussi d'un orifice externe (SCHNEIDER, V, 45).

Sur la surface libre de la cellule s'élève, au voisinage de l'orifice de la capsule, un fort prolongement piliforme et réfringent, le cnidocil. Lorsque le cnidocil est touché par un corps étranger quelconque, il transmet au protoplasme l'excitation reçue. Alors la gaine contractile se contracte violemment et subitement au pourtour de la capsule urticante, la comprime et expulse au dehors le tube renfermé à son intérieur, lequel s'évagine comme un doigt de gant (Fig. 70 b). C'est d'abord la partie initiale, conique, avec ses crochets, qui se trouve projetée au dehors; puis, le fin tube enroulé en spirale. Le produit de sécrétion est probablement éliminé par un orifice placé à l'extrémité libre du tube.

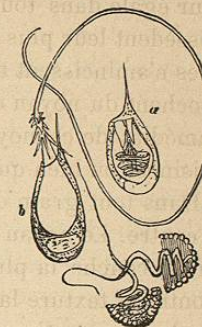


FIG. 70. — Cellules urticantes des Cnidaires. D'après LANG. R. HEITWIG, Zool., fig. 161. a, cellule avec cnidocil et un filament urticant enroulé dans la capsule. b, le filament urticant est projeté hors de la capsule: sa base est hérissée de crochets. c, cellules préhensiles d'un Ctenophore.