

QUELQUES RECHERCHES

SUR LE RÔLE DU NOYAU

DANS LA DIVISION DES CELLULES VÉGÉTALES.

PAR

M. T R E U B.

AVANT-PROPOS.

Le travail classique de M. STRASBURGER, a ouvert tout-à-coup de nouvelles voies aux recherches sur la cellule végétale et le noyau cellulaire. Aussi je considère comme sous-entendu, que les lecteurs du présent mémoire connaissent l'important ouvrage du savant professeur de Jéna.

La rédaction définitive des deux premières parties de cette publication était terminée, lorsque j'ai pris connaissance des récentes recherches de M. STRASBURGER „*Ueber Befruchtung und Zelltheilung*”; comme on verra, j'en ai tenu compte dans la dernière partie.

Pendant le courant de mes recherches, on a mis à ma disposition avec la plus parfaite libéralité, différentes publications que je ne possédais pas, ainsi que plusieurs réactifs. A tous ceux qui ont bien voulu m'aider de la sorte, j'exprime ici ma vive reconnaissance.

I.

Au commencement de ce siècle, deux opinions sur l'origine des cellules végétales se disputaient la suprématie. D'après toutes deux chaque cellule commence par avoir de très faibles dimensions, et subit toujours ensuite un agrandissement considérable pour arriver à sa forme définitive; les deux opinions, d'ailleurs tout à fait différentes, sont d'accord sur ce point.

Pour ne pas attacher une trop grande importance aux vues de ce temps là, sur la formation des cellules, il n'y a qu'à se rappeler qu'encore en 1827 A. P. DE CANDOLLE pouvait dire à juste titre, qu'il fallait se garder „de prendre un avis décidé sur des matières aussi obscures.”

L'hypothèse de BRISSEAU-MIRBEL, déjà émise auparavant par C. F. WOLFF, admettait la présence d'une substance glaireuse et mucilagineuse, dans toutes les parties du végétal où se produisent de nouvelles cellules. Des gouttelettes d'un fluide qui pénètre dans cette „substance organisatrice” y forment l'ébauche des jeunes cellules. Ainsi d'après cette hypothèse, la genèse des cellules est extra-cellulaire. Assez longtemps on a continué à admettre, pour quelques cas du moins, une formation extra-cellulaire de jeunes cellules; ce n'est qu'en 1846 que M. NÄGELI * porta un coup décisif à cette opinion, abandonnée depuis.

La seconde hypothèse, celle de K. SPRENGEL, partagée entre autres par L. C. TREVIRANUS et KIESER, considérait les grains de fécule comme rudiments de nouvelles cellules. Par conséquent d'après SPRENGEL, s'opposant directement aux vues de l'auteur de la *Theoria generationis*, le développement de jeunes cellules serait intra-cellulaire.

Ce développement intra-cellulaire fût bientôt énoncé comme règle générale par M. SCHLEIDEN aussi, quoique sous une forme un peu moins primitive mais guère plus véridique. Ce ne sont plus des grains d'amidon qui pour M. SCHLEIDEN, ont le rôle de produire les jeunes cellules, c'est le noyau cellulaire qui les engendre †; le „nucleus cellulæ” découvert par ROBERT BROWN lors de ses célèbres recherches sur la fécondation dans les Orchidées et les Asclepiadées,

* *Zeitschrift für wissensch. Botanik*, v. SCHLEIDEN u. NÄGELI, Heft 3 und 4, 1846; NÄGELI: *Zellenkerne, Zellenbildung* etc. p. 66 et ailleurs.

† SCHLEIDEN, *Beitr. zur Phytogenesis*; MÜLLER'S *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1838. Voir aussi: *Ann. des Sc. Natur.* 2^{de} Série. T. XI. Pot. 1839. p. 242, et SCHLEIDEN, *Grundzüge*. 1^{ère} édition § 23.

communiquées en 1831 à la société Linnéenne de Londres. Lorsque une cellule va prendre naissance, une mince membrane, à peu près hémisphérique, s'élève sur une partie du nucléus; cette „membrane cellulaire” en s'élargissant fait que la „cavité cellulaire,” entre membrane et noyau, s'agrandit. Voilà en peu de mots cette hypothèse, qui avait la prétention de s'étendre sur la genèse de toutes les cellules végétales; hypothèse basée sur quelques observations erronées, du développement de cellules d'endosperme, et sur le développement des cellules „dans l'extrémité embryonnaire du tube pollinique des *Linum pallescens*, *Oenothera crassipes*, et dans une infinité d'autres plantes *.

Ainsi d'après M. SCHLEIDEN, chaque cellule est non seulement précédée par son noyau („cytoblaste”), mais c'est ce noyau qui produit, qui engendre la cellule. Deux conséquences de cette doctrine étaient: que la membrane d'une cellule existe avant son contenu, et que chaque cellule normale doit avoir un nucléus pariétal.

De 1830 à 1838 quelques mémoires avaient parus dont M. SCHLEIDEN n'avait pas tenu compte et qui s'accordaient bien mal avec ses vues. De ces mémoires celui de H. VON MOHL „sur l'augmentation des cellules végétales par division”, est sans doute le plus important †; l'auteur y traitait surtout de la „division” des cellules dans le *Conferva* (*Cladophora*) *glomerata*. Dans cette Algue, où il n'y a pas de noyaux cellulaires, la cloison qui divise une cellule commence par être annuliforme, laissant ainsi une grande ouverture au milieu. Cette ouverture se rétrécit de plus en plus, jusqu'à ce qu'à la fin la cloison devenue continue, la séparation des deux cellules-filles est complète. Cette observation pourtant si juste, n'évoqua pas les moindres doutes contre l'hypothèse de M. SCHLEIDEN; d'ailleurs MOHL lui même considérait encore en 1844, le mode de division des cellules dans les Conferves comme un cas particulier et „probablement tout à fait différent” de l'augmentation des cellules dans les plantes vasculaires §.

Néanmoins l'hypothèse SCHLEIDEN ne tarda pas à être ébranlée grâce surtout aux recherches de M. NÄGELI et aussi à celles d'UNGER. M. NÄGELI distingua deux modes de production de cellules **, la „formation libre” et la „formation

* *Ann. des Sc. Natur.* loc. cit. p. 251.

† H. VON MOHL, *Ueb. die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung.* (Umarbeitung einer Dissertation vom Jahre 1835), *Vermischte Schriften* p. 362 et suiv.

§ Voir, *Bot. Zeit.* 1844. p. 291, note.

** NÄGELI, *Zellenkerne, Zellenbildung* etc., loc. cit. Heft 1 p. 34 et suiv., Heft 3 und 4 p. 22 et suiv.

pariétale" („wandständige Zellenbildung"); quel que soit le mode de formation, toujours le contenu de la cellule précède la membrane, celle-ci est secondaire, le contenu est primaire. La „formation pariétale", c'est à dire la division, des cellules est très répandue; elle se trouve dans toute production de cellules végétatives ainsi que dans la genèse des cellules reproductrices de plusieurs Algues et Champignons. Lorsqu'une cellule va se diviser en deux cellules-filles, généralement le noyau se partage auparavant en deux ou bien, moins souvent, le nucléus de la cellule-mère est dissous et il se forment deux nouveaux noyaux; quelle que soit l'origine de ces deux jeunes noyaux, ils servent de centres d'attraction chacun pour une partie du contenu de la cellule-mère*; ces deux parties une fois individualisées, s'enveloppent tout à coup de membranes. Ainsi, comme le montre cet aperçu rapide, la cloison qui sépare les cellules-filles se formerait toujours d'après M. NÄGELI, en une fois; M. NÄGELI déclare positivement qu'il en est ainsi pour les Conferves tout comme pour les autres plantes.

Bien loin de se ranger sur ce dernier point, à l'opinion de M. NÄGELI, MOHL continua (1851) à insister sur la formation successive des cloisons dans les *Cladophora* †. Toutefois un changement considérable s'était opéré dans l'opinion de MOHL; il ne considérait plus comme en 1844, le mode de division des Conferves comme nullement comparable à la division dans les plantes supérieures. Au contraire, pour peu que les *Cladophora* eussent des noyaux cellulaires, ils constitueraient selon lui, un cas tout à fait typique de division de cellules en général. Il faut bien en convenir, dit MOHL, que dans les plantes supérieures on ne réussit que rarement à voir la cloison séparatrice se former à fur et à mesure que la duplication de „l'utricule primordiale" s'avance dans la cellule; toutefois MOHL dit avoir positivement pu constater ce fait, dans des cellules-mères de pollen et lors de la formation des cellules de bordure de stomates §.

* Voir, Heft 3, 4 p. 62. Je me permets de signaler une légère erreur de M. STRASBURGER; c'est M. NÄGELI et non M. PRINGSHEIM, qui a décrit les noyaux comme centres d'attraction dans la division; comparer: STRASBURGER, Sur la formation et la division des Cellules p. 258 (je cite partout l'édition française).

† H. VON MOHL, *Die vegetabilische Zelle*.

§ MOHL, loc. cit. p. 217. Je rappelle ici que tout ce qui concerne la formation du pollen et des spores des cryptogames supérieurs, a été étudié, surtout dans les derniers temps, plus ou moins indépendamment de la division des cellules en général. C'est pourquoi je passe, dans l'aperçu rapide que je donne ici, ces deux points sous silence, d'autant plus que M. STRASBURGER a traité in extenso l'historique de ces deux questions, loc. cit. p. 134—141.

Après que le noyau de la cellule-mère est dissous, deux nouveaux noyaux se formeraient précédant l'apparition de la cloison séparatrice; rarement les noyaux des cellules-filles dériveraient de la division du nucléus de la cellule-mère.

Ce que MOHL avait prouvé pour les *Cladophora*, BRAUN le découvrit pour les *Spirogyra*: la formation progressive des cloisons du dehors en dedans. „Cette observation faite sur le *Spirogyra* est d'autant plus importante, que dans ce genre il y a un noyau cellulaire, auquel revient dans la division un rôle tout aussi important que c'est le cas dans la division des jeunes cellules de phanérogames” *. Aussi pour ces dernières BRAUN admet une formation successive des cloisons; seulement celles-ci se formeraient si rapidement que les stades transitoires se dérobent à la vue. BRAUN énonce la règle générale, qu'avant la division d'une cellule, le noyau est dissous et remplacé ensuite par deux nouveaux noyaux, qui précèdent la segmentation définitive.

Dans un travail publié quelque temps avant les deux mémoires nommés de MOHL et de BRAUN, HOFMEISTER † décrivait un des stades de la division pour des cellules de phanérogames. Cette description parfaitement juste ne pouvait être comprise alors; aussi elle n'a pas eu du tout sur les opinions de ce temps là, l'influence qu'elle méritait; j'y reviendrai lors de l'exposé de mes propres recherches.

Tous les auteurs que j'ai nommés jusqu'ici avaient continué à vanter la grande importance du noyau dans la division des cellules, quoique leurs propres recherches, faites de préférence sur des Algues, ne motivaient nullement une pareille assertion. M. PRINGSHEIM fut le premier à exprimer des doutes sur cette importance du nucléus, ce qui n'est pas étonnant, puisqu'il étudia le mode de division dans les cellules des *Cladophora*, *Conferva*, *Spirogyra* et *Oedogonium*. „Dans la division des cellules des *Spirogyra* et *Oedogonium*, les deux cytoblastes des cellules-filles paraissent se montrer en même temps que commence le plissement de la paroi cellulaire” §; M. PRINGSHEIM considère dans ces Algues les jeunes cloisons comme excroissances de la paroi de la cellule-mère, en restant toutefois d'accord avec MOHL et BRAUN sur la formation successive de ces cloisons.

M. PRINGSHEIM aussi osa exprimer sans réserve, pour la première fois, que les résultats obtenus sur la division des cellules d'Algues sont valables aussi

* A. BRAUN, *Betrachtungen ueber die Erscheinung der Verjüngung in der Natur* 1851, p. 253; voir aussi p. 254 et ailleurs.

† W. HOFMEISTER, *Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen* 1849.

§ PRINGSHEIM, *Pflanzenzelle* p. 58.

pour la division cellulaire dans les plantes supérieures; „Wenn aber irgendwo in der Wissenschaft ein Schluss aus Analogie erlaubt ist, so ist es der von der Theilung der Algenzellen auf die Theilung der Zellen bei den anderen Cryptogamen und den Phanerogamen” *. D’après le même auteur les cloisons dans les cellules-mères de pollen (*Allium victorale*, *Althaea rosea*), sont aussi des plissements de la membrane de la cellule-mère, plissements à accroissement progressif, du dehors en dedans.

Dans son ouvrage de 1865 (*Experimental-Physiologie*) M. SACHS va beaucoup plus loin encore que M. PRINGSHEIM, en disant qu’on a considéré tout à fait à tort, le noyau cellulaire comme prenant l’initiative dans la disposition des molécules de protoplasma, précédant à la division; le nucléus prend bien une part à ces changements mais cela seulement en qualité de „partie peu importante du protoplasma” †.

HOFMEISTER en réunissant, dans son traité sur la cellule végétale, les résultats de toutes ses recherches sur la division des cellules, parvint à en tirer des conclusions se rapprochant sur quelques points des vues professées maintenant par M. STRASBURGER. Entre les deux noyaux secondaires d’une cellule en voie de division, des granules de protoplasma se rangent de manière à former un anneau ou une plaque; ces plaques doivent être considérées comme parties de la couche membraneuse périphérique faisant saillie en dedans de la cellule §. Les cloisons séparatrices des cellules-filles partagent justement en deux ces plaques ou anneaux. Quant au mode de formation de ces cloisons, HOFMEISTER le décrit comme progressif dans les cellules-mères de pollen et de spores et dans des cellules de poils; ailleurs, dans les cellules végétatives des phanérogames, la production simultanée des jeunes cloisons serait le phénomène le plus répandu. Les noyaux des cellules-filles naissent, d’après HOFMEISTER, pour les cellules végétatives, après que le noyau de la cellule-mère est dissous; il en serait de même pour quelques „cellules reproductrices” **.

Dans les différentes éditions de son „Lehrbuch” M. SACHS, quoiqu’il ne se prononce pas positivement sur ce point, ne paraît pas encore attacher une grande importance au noyau dans la division des cellules. Les jeunes cloisons se

* loc. cit. p. 50.

† SACHS, *Experimental-Physiologie* p. 459.

§ HOFMEISTER, *Pflanzenzelle*, p. 101.

** HOFMEISTER, *Pflanzenzelle* p. 81.

formeraient très souvent simultanément, entre autres dans toutes les cellules végétatives des plantes supérieures.

Tout-à-coup les recherches de M. STRASBURGER vinrent en 1875, revendiquer au nucléus, avec un grand nombre d'arguments, un rôle prépondérant dans la division des cellules végétales; rôle rendu probable pour quelques cas déjà par M. M. HANSTEIN, RUSSOW* et TSCHISTIAKOFF. Pour une autre raison encore le livre de M. STRASBURGER méritait le plus vif intérêt; c'est parcequ'une analogie manifeste y est indiquée entre le mode de division de plusieurs cellules animales et la grande majorité des cellules végétales. Les travaux de M. AUERBACH et d'autres savants, mais surtout ceux de M. BÜTSCHLI, confirment ce rapport. Les recherches de plusieurs zoologistes et zoohistologistes sont tout récemment, venues ajouter de nouvelles preuves à cette intéressante analogie.

En rappelant les phases principales dans l'historique de la division des cellules végétales, j'ai eu pour but de faire ressortir comment on a pu jusqu'à nos jours, ne pas remarquer que c'est le partage du noyau qui initie et qui détermine généralement cette division. Il me semble que deux causes ont concouru à ne faire attacher, jusqu'en 1875, qu'une médiocre importance au noyau dans ce phénomène:

1^o. Une réaction contre l'hypothèse si peu fondée de M. SCHLEIDEN (Beitr. zur Phytogenesis); réaction inconsciente pour ainsi dire, quelques fois se montrant plus distinctement.

2^o. La préférence très naturelle d'ailleurs, qui s'est toujours manifestée pour les Algues, lorsqu'il s'agissait de recherches sur la division des cellules végétales, tandis qu'on admettait a priori une grande analogie quant à la division cellulaire, entre ces végétaux d'ordre inférieur et les plantes supérieures (PRINGSHEIM, Pflanzenzelle). C'est M. STRASBURGER qui a prouvé que cette analogie admise théoriquement, fait défaut en réalité.

II.

M. STRASBURGER n'a étudié la division des cellules vivantes que dans les

* M. STRASBURGER a déjà fait remarquer, que dans son travail de 1872 (Vergleich. Untersuchungen) M. RUSSOW a donné, surtout sur la division des cellules-mères de spores, de précieux renseignements.

Algues; or comme on sait c'est dans ce groupe que l'importance du noyau pour la division est ou bien assez restreinte, ou bien tout-à-fait nulle. Pour les plantes supérieures M. STRASBURGER a toujours étudié des cellules mortes, généralement tuées par l'alcool absolu; c'est d'après ces cellules mortes que ce savant a décrit et dessiné les changements considérables que subit le nucléus pendant la division cellulaire.

Est ce que l'étude seulement sur des cellules mortes, ne diminue pas beaucoup la valeur des résultats obtenus dans ces recherches? Voilà une question qu'on s'est posée. Pour ma part, je ne crois pas qu'on puisse y répondre affirmativement. Le grand nombre de cas et la grande diversité de plantes étudiées par M. STRASBURGER; le rapport avec plusieurs cellules animales en voie de division, indiqué par lui; ses recherches sur les Spirogyra; l'emploi pour quelques cas d'albumine au lieu d'alcool, dans l'étude de la division cellulaire: tout cela ensemble me faisait croire avant que j'eusse commencé mes propres recherches, déjà, que les conclusions auxquelles arrive le savant professeur de Jéna, doivent quant aux points essentiels être justes.

Il n'en est pas moins vrai pourtant, que tout le monde ne partage pas cette opinion; il y a des botanistes qui considèrent les différentes formes et particularités des „noyaux en voie de division”, décrites par M. STRASBURGER, comme productions artificielles, dues en partie du moins à l'influence du réactif employé. D'après cette opinion, énoncée entre autre au récent congrès de botanique d'Amsterdam, il faudrait pour lever tous les doutes, étudier pour les plantes supérieures aussi, la division cellulaire sur des cellules vivantes, comme on l'a fait depuis longtemps pour les Algues.

L'étude de cellules vivantes, tout en décidant la question même aux yeux des plus sceptiques, peut de plus avoir l'avantage de faire ressortir mainte particularité restée nécessairement inaperçue dans les recherches sur les cellules mortes. Les pages suivantes permettent de juger, jusqu'à quel point j'ai réussi à satisfaire à ces deux conditions.

Il est naturel que l'étude de la division cellulaire, sur des cellules vivantes, peut se faire de deux manières. On peut étudier les différents stades dans *différentes* cellules; c'est suivre la même voie que dans les recherches sur des cellules mortes. Ou bien on peut étudier la *même* cellule pendant sa division, et observer pas à pas les changements successifs tant dans le noyau que dans le protoplasma; ici c'est suivre la voie inaugurée dans les recherches sur la division des cellules d'Algues; pour qu'elle soit praticable il faut que noyau et protoplasma restent non seulement vivants pendant quelque temps, mais qu'ils conservent une activité assez grande pour continuer la division pendant l'observation.

C'est d'après cette seconde manière que j'ai fait mes recherches. C'est surtout ainsi qu'on a la chance de découvrir des particularités plus ou moins intéressantes et de se faire une opinion sur la durée des différents stades. Aussi j'ose espérer que ceux même, qui sont tout à fait convaincus par les travaux de M. STRASBURGER, trouveront quelque intérêt encore à l'exposé suivant.

Dans quelles plantes et comment faut-il étudier pendant la division, des cellules vivantes de phanérogames? Ces deux questions sont à résoudre préalablement.

Sur des coupes même faites avec toutes les précautions possibles, je n'ai pas pu découvrir ce que je cherchais; elles offrent toujours les inconvénients déjà signalés par M. HANSTEIN *. Quelques cellules restent bien en vie mais la plupart meurent tout de suite, du moins si l'on prend des coupes assez minces pour permettre nettement l'observation. Même lorsqu'on réussit à voir sur des coupes, des cellules vivantes en train de se diviser, comme j'y ai réussi quelquefois plus tard, il est pour plusieurs raisons, très peu probable que noyau et protoplasma continueront à se diviser.

En passant sous silence plusieurs de mes essais infructueux, j'indiquerai tout de suite les „ovules” d'Orchidées comme objets très favorables à ce genre de recherches; ce sont eux qui m'ont fourni les données suivantes.

On ouvre prudemment l'ovaire, détache avec une aiguille quelques ovules à l'état voulu du développement, et les dépose sur le porte-objet dans une goutte de liquide; le tout est couvert comme d'ordinaire, d'une lamelle couvre-objet. Ces „ovules” renferment presque toujours une assez grande provision d'air; il est vrai que cet air gêne parfois l'observation mais par contre il peut fournir l'oxygène dont très probablement la partie protoplasmique a besoin lors de la division de la cellule.

Dans les „ovules” d'Orchidées j'ai pu étudier la division sur les deux variétés qu'offre la jeune cellule végétale: la cellule à protoplasma dense avec quelques petites vacuoles, et la cellule où tout le protoplasma ne forme qu'une couche très mince appuyée contre la paroi cellulaire.

La réponse à la seconde des deux questions que je viens de poser tout à l'heure, est très simple; le liquide dans lequel je dépose et étudie les „ovules” est une solution de salpêtre dans de l'eau distillée, solution contenant $\pm 1\frac{1}{4}$ pour cent de salpêtre. Les recherches faites récemment par M. DE VRIES † ont

* *Bot. Zeit.* 1872, p. 44.

† *Unters. üb. die mechan. Ursachen d. Zellstreckung.* etc., Leipzig 1877.

prouvé que des solutions de salpêtre ou de sel ordinaire, sont beaucoup moins nuisibles aux cellules qu'on ne le croirait. En ayant soin d'ajouter de temps en temps un peu d'eau au liquide sur le porte-objet, afin que la solution ne devienne pas trop forte, j'ai réussi à garder les cellules, vivantes et actives pendant des heures entières.

CELLULES DE FILAMENTS PROEMBRYONNAIRES DE L'ORCHIS LATIFOLIA.

Les cellules qui occupent le sommet de ces filaments proembryonnaires, contiennent un protoplasma finement granuleux dans lequel se trouvent quelques vacuoles (voir la fig. 1 Pl. I); le noyau, granuleux aussi, n'a qu'un nucléolus, très distinct. D'ordinaire c'est la cellule terminale qui se divise; de temps en temps on voit aussi une des autres cellules situées près du sommet, en train de se diviser.

Quelques fois seulement j'ai vu la division de la „plaque nucléaire” (Kernplatte); mes observations sur les cellules de ces filaments, sont en général bien loin d'être aussi nombreuses que celles faites sur d'autres cellules, dont je parlerai plus bas. Toutefois j'ai très distinctement pu suivre la division de la plaque nucléaire dans la cellule représentée par les fig. 2a—2f.

Avant de passer outre, je dois dire quelques mots au sujet des dessins qui accompagnent ce mémoire. Toutes mes figures sont prises d'après des esquisses faites à la chambre claire. Dans mes croquis plus ou moins de détails se trouvent indiqués, d'après le temps qu'a duré le stade dessiné. Par exemple: dans les cellules où la plaque nucléaire se divisait je n'avais d'ordinaire que le temps d'indiquer les contours et la place des deux moitiés de la plaque, les contours du noyau et des plus grands vacuoles; lorsqu'il s'agissait de la „plaque cellulaire” (Zellplatte) par contre la lenteur des changements permettait d'indiquer bon nombre de détails déjà dans les esquisses faites à la chambre claire.

Pour la cellule des figures 2a—2f le mode de formation de la plaque nucléaire m'a échappé par une fâcheuse mésaventure; malheureusement je n'ai pas pu combler cette lacune avec d'autres cellules des ces filaments proembryonnaires. Dans la fig. 2a on voit un noyau fusiforme avec une plaque épaisse au milieu: la plaque nucléaire; au moment où le dessin est pris les bouts du noyau étaient assez pointus, seulement pendant la durée de ce stade le noyau n'a pas gardé tout le temps la même forme, tantôt les bouts du fuseau étaient plus arrondis, tantôt plus effilés. La plaque nucléaire est presque homogène, en tout cas on n'y découvre nullement de batonnets séparés; je n'ai pas non plus pu voir de stries unir les pôles du noyau

à la plaque nucléaire. Dans les fig. 2*b*, 2*c*, 2*d* la division de la plaque nucléaire venait de se faire; les deux moitiés de la plaque, assez nettement démarquées, s'écartent et se dirigent chacune vers un des pôles du noyau fusiforme. Pendant ce temps le noyau c'est un peu agrandi et surtout allongé, comme le montre la comparaison des fig. 2*d* et 2*a*. A mesure que les moitiés de la plaque nucléaire s'approchent des pôles du noyau, elles deviennent plus larges mais moins distinctes (fig. 2*e*); une fois arrivées au terme de leur déplacement, elles constituent chacune une masse non bien limitée envers le protoplasma ambiant (fig. 2*f*). Dans le stade de la fig. 2*f* j'ai cru voir au milieu du noyau une couche presque invisible, formée de très fines granules, toutefois je n'en suis pas sûr.

Durée de l'expérience :

à 8 h. 15 min. le noyau n'avait pas encore de plaque nucléaire,
à 9 h. 30 „ (±) stade 2*a*,
à 10 h. „ (±) commencement de la division: stade 2*b*,
à 10 h. 4 „ (±) les stades 2*b*—2*e* sont parcourus; l'éloignement des deux moitiés de la plaque allait le plus vite au commencement.
à 10 h. 20 „ stade 2*f*.

J'ai reproduit ensuite les deux meilleures séries de stades successifs, concernant la plaque cellulaire et la formation de la membrane de cellulose (fig. 3*a*—3*g* et fig. 4*a*—4*f*).

La mince raie noire de la fig. 3*a* est la plaque cellulaire, les deux masses plus foncées des deux côtés de la raie sont des moitiés de plaque nucléaire (comparer la fig. 2*f*), c'est à dire des ébauches de deux jeunes noyaux.

Dans les stades suivants 3*b* et 3*c*, ces jeunes noyaux ainsi que la plaque cellulaire s'étendent en sens latéral; la plaque cellulaire devient un peu plus épaisse mais moins noire (fig. 3*c*). Les trois stades 3*a*, 3*b* et 3*c* ont en commun la limite très peu nette des jeunes noyaux; dans tous les trois la plaque cellulaire est une raie continue, point du tout composée d'articles séparés; je n'y ai pas non plus vu cette plaque s'unir aux noyaux par des faisceaux de fils ou stries. Dans le stade 3*d* les deux noyaux ont pris une démarcation beaucoup plus nette, mais en même temps ils ont subi un agrandissement si considérable qu'ils touchent à la plaque cellulaire et qu'on ne peut plus distinguer celle-ci. La fig. 3*e* montre comment ensuite la plaque cellulaire devient en partie de nouveau visible, en s'étendant à droite hors des limites des noyaux; de ce côté la plaque cellulaire, dédoublée, touche à la paroi de la cellule-mère, de l'autre côté cette plaque n'est pas visible ne

s'écartant pas au delà des bords des noyaux; ces noyaux finement granuleux contiennent chacun un nucléolus bien visible. Comme je viens de le dire on voit dans la fig. 3e que la plaque cellulaire s'est dédoublée du côté droit; pour m'assurer s'il y avait déjà dans la fente au milieu de la plaque une jeune membrane de cellulose, j'ai opéré une légère contraction du protoplasma de la cellule en ajoutant une plus forte solution de salpêtre. Du côté droit (voir l'esquisse de la fig. 3f) le protoplasma s'est contracté en deux masses comme s'il y avait déjà deux cellules, toutefois il n'y avait *pas encore* de jeune cloison se rattachant à la paroi de la cellule; du côté gauche le protoplasma forma après la contraction, une couche continue n'étant pas divisée en deux masses; tout cela s'accorde parfaitement avec ce que montre le stade de la fig. 3e. J'ai fait disparaître ensuite la contraction du protoplasma en ajoutant un peu d'eau à la solution de salpêtre. Une heure après j'ai cru le moment venu de tuer la cellule par une très forte contraction du protoplasma (avec une solution de salpêtre de 20 pCt). Noyaux et protoplasma ne formaient plus ensemble, après ce traitement, qu'une masse assez uniforme (fig. 3g); du côté droit, où la plaque cellulaire touchait auparavant à la paroi de la cellule-mère, une jeune cloison s'est formée ne s'étendant pas encore jusqu'au côté gauche. Cette expérience montre combien M. DE VRIES avait raison en disant qu'une légère contraction ne tue point du tout le protoplasma, puisqu'ici la partie de la jeune cloison ne s'est formée qu'*après* une contraction passagère du protoplasma.

Durée de l'expérience :

à 11 h. 30 m. stade 3a,
à 3 h. stade 3e,
à 3 h. 15 m. stade 3f,
à 4 h. 15 m. stade 3g.

Dans la cellule des fig. 4a—4f la plaque cellulaire resta tout le temps très bien visible. Jusqu'au stade 4d noyaux et plaque se sont élargis; petit à petit les noyaux ont pris des limites plus nettes; la plaque cellulaire devenue un peu plus épaisse, est ici encore tout à fait continue et non unie aux noyaux par des stries visibles. Noyaux et plaque sont ensemble assez bien limités envers le protoplasma environnant (ils forment ensemble ce qu'on a nommé „le tonneau”), mieux que dans la cellule des fig. 3. La fig. 4e représente un stade plus avancé où les noyaux ont pris chacun son nucléole, et où la plaque cellulaire s'est visiblement dédoublée dans sa partie gauche. Peu de temps après j'ai tué la cellule et rendu transparente la partie protoplasmique; à la place de la plaque cellulaire se trouvait une jeune cloison; sur une section optique (fig. 4 f)

celle-ci ne me semblait pas toucher du côté droit à la membrane de la cellule-mère, quant au côté gauche je n'ai pas pu m'assurer positivement si la jeune cloison y touchait oui ou non.

La cellule a pris pour parcourir les stades de $4a-4f$ un peu plus de 2 h. 30 m.

Déjà en 1849 HOFMEISTER a publié des recherches sur la division cellulaire dans les filaments proembryonnaires des Orchis, les poils de l'Hibiscus Triunum et du Tradescantia virginica *. C'est surtout pour des cellules de ces dernières plantes qu'il a décrit et dessiné avec une remarquable exactitude des stades identiques à ceux de mes fig. $3a-3c$ et $4a-4d$ (voir surtout les fig. 27 Pl. XIII et 23 Pl. XIV du mémoire cité de HOFMEISTER, ainsi que les fig. 8, 9, 24. Pl. VI Bot. Zeit. 1848). C'est à ces descriptions de HOFMEISTER, précédées de quelques autres publiées une année auparavant †, que j'ai fait allusion à la page 5 du présent mémoire.

„OVULES” DE L'EPIPACTIS PALUSTRIS.

Ces sont les cellules de la couche externe des jeunes ovules de l'Epipactis palustris, qui m'ont surtout servi dans mes recherches; quelques fois je me suis servi aussi de cellules d'ovules de l'Epipactis latifolia. Ces cellules ont de grands noyaux contenant chacun un nucléolus; tout le protoplasma ne consiste qu'en une couche très mince appliquée contre la paroi cellulaire; cette couche est si mince que dans les cellules vivantes on ne la peut d'ordinaire pas ou presque pas distinguer. Les noyaux sont unis au protoplasma pariétal par des pseudopodes. J'ai cru remarquer plusieurs fois que dans les cellules où le noyau se divisait, la couche protoplasmique pariétale était plus mince encore que dans les cellules dont le noyau ne se divisait pas; par contre dans les cellules en train de se diviser, il me semblait qu'il y avait un peu plus de protoplasma autour du noyau.

Dans quatre cellules j'ai pu suivre la formation de la plaque nucléaire; les séries fig. $5a-5c$ et fig. $6a-6e$ représentent deux de ces cellules. Les noyaux au lieu d'être finement granuleux comme d'ordinaire, voir p. ex. la fig. 12 h., Pl. III, contiennent un nombre assez restreint de grosses granulations à contours distincts (fig. $5a, 6a$). Après être resté un certain temps dans cet état,

* HOFMEISTER, *Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen*, Leipzig 1849. p. 6—8.

† HOFMEISTER, *Ueber die Entwicklung des Pollens*, Bot. Zeit. 1848. p. 649.

probablement très longtemps, les grains commencent à se diriger lentement vers le milieu du noyau comme le montrent les fig. 5*b* et 6*c*; par ci par là on voit de la matière du noyau unissant de ces granulations aux parois des noyaux. Dans les stades des fig. 6*c* et 5*c* les grains tout en ayant conservé encore une certaine autonomie, forment déjà ensemble une espèce de plaque équatoriale. Dans le stade de la fig. 6*d* on voit une plaque nucléaire, où du côté gauche les grains ne sont plus du tout reconnaissables; le stade suivant, fig. 6*e*, montre une plaque nucléaire où l'on ne peut plus distinguer de granulations séparées, seulement la plaque à l'air d'être assez hétérogène; dans les stades 6*d* et 6*e* il y a encore quelques fils tendus entre la plaque et les bords du noyau, en même temps on voit que le noyau s'est allongé.

Dans la cellule des fig. 6 j'ai vu s'opérer tout à coup entre les stades *a* et *c*, une contraction assez forte du noyau (fig. 6*b*), contraction très visible à cause de l'espace qui se faisait entre le bord du noyau et la couche de protoplasma qui l'enveloppait. Je n'ai plus revu aussi distinctement une contraction semblable dans d'autres cellules, aussi je ne puis pas assurer que ce phénomène se présente toujours ici lors de la formation de la plaque nucléaire*.

Je viens de dire que le noyau garde probablement, très longtemps les grosses granulations avant de procéder à la formation de la plaque nucléaire; je le crois parce que souvent j'ai observé longtemps de suite des cellules dont le noyau se montrait comme dans les fig. 5*a* et 6*a*, sans que les granulations allassent se ranger en une plaque nucléaire, quoiqu'elles subissent de faibles déplacements. Pour une série que je n'ai pas reproduite ici, la transition d'un stade analogue à 6*c*, à un stade analogue à 6*d*, a pris une heure et demie.

Quant à la division de la plaque nucléaire, j'en commence l'exposé avec la cellule représentée dans les fig. 7*a* à 7*i*. Dans la fig. 7*a* la plaque nucléaire n'est pas tout à fait homogène, mais pourtant nullement composée d'articles séparés; elle n'est pas unie aux bords ou aux pôles du noyau par des stries, l'espace des deux côtés de la plaque, entre elle et la périphérie du noyau, fait l'effet d'être vide; j'ai retrouvé tout cela dans presque tous les noyaux où j'ai étudié le même stade (voir les fig. 11*a*, 11*i* B, 8*a*). Ni dans ce stade 7*a*, ni dans les stades de la même et d'autres cellules, dont j'ai encore à parler, on ne peut distinguer une couche limite, une „paroi”, du noyau comme dans les fig. 5*a*,

* M. BÜTSCHLI dit, pour des cellules animales, que le noyau en devenant fusiforme subit „une perte de liquide.” „Cela se manifeste parce que le volume total du noyau diminue considérablement, lors du passage à l'état fusiforme”. Voir: BÜTSCHLI, *Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung etc.* Frankfurt 1876, p. 190.

6*a* et 6*b*; pourtant il me semble qu'il faut bien admettre la présence d'une pareille couche limite, seulement enveloppée de tous les côtés de protoplasma de la cellule. Dans la fig. 7*a* on voit que le noyau est d'un côté seulement de forme pyramidale; une fois pour toutes je dirai ici qu'aussi longtemps que dure la plaque nucléaire dans un noyau, celui-ci ne conserve pas la même forme, tantôt il est plus tantôt moins en fuseau, quelquefois point du tout (comparer les fig. 7*a*—7*c*, 8*a*, 9*a*—9*f*, 11*a*—11*c*, 11*i* B). Dans le stade suivant, fig. 7*b*, la plaque nucléaire est devenue plus épaisse, la division commence; la ligne de démarcation entre les deux moitiés, fait l'effet d'être noire. Bientôt après les deux moitiés commencent à s'éloigner l'une de l'autre; pour la cellule qui nous occupe cet éloignement commence au milieu (fig. 7*c*, 7*d*), tandis que les bords des deux moitiés tiennent assez longtemps ensemble. Les fig. 7*e* et 7*f*, montrent comment ensuite à partir du côté droit, les deux moitiés de la plaque nucléaire se détachent tout à fait l'une de l'autre; dans d'autres cellules j'ai vu la division de cette plaque se faire de la même manière, quelquefois aussi le dédoublement commence d'un côté. A mesure que les deux moitiés de la plaque approchent des pôles du noyau, elles deviennent plus larges mais moins bien limitées et elles restent plus ou moins unies par des bandes ou des fils assez irrégulièrement placés (fig. 7*c*—7*f*); pour un instant ces „fils” peuvent former ensemble à peu près un faisceau de stries parallèles (fig. 7*f*; voir aussi les fig. 11*d*, 11*e* et surtout 11*o* B). Jusqu'ici le noyau s'est surtout allongé, maintenant il commence à s'élargir aussi (fig. 7*g*, 7*h*); les stries tendues entre les deux moitiés de la plaque nucléaire, se sont retirées en majeure partie et devenues moins nombreuses; dans les parties latérales, les bords du noyau ne sont plus que difficilement visibles (fig. 7*h*). Lorsque les moitiés de la plaque sont arrivées près des pôles du noyau il est très difficile, comme le montre la fig. 7*h*, de les distinguer du protoplasma qui entoure ces pôles (voir aussi les fig. 8*d*, 8*e*, 9*g*, 10*a*, 10*b*, 11*i*, 11*p*).

Dans un état plus avancé (fig. 7*i*) le noyau n'offre plus l'élargissement considérable qu'il avait auparavant; les deux moitiés de la plaque nucléaire commencent à s'arrondir, à se limiter plus nettement tout en prenant la forme de noyaux. Plus loin j'aurai occasion de revenir sur le stade de la fig. 7*i* *.

* Quoique mes figures soient copiées d'après des esquisses faites à la chambre claire, on verra aisément en comparant les dessins successifs de la même cellule, que les contours de la cellule sont rarement les mêmes pour tous les dessins. Cela peut tenir aux trois causes suivantes: 1^o. à des fautes faites en esquissant; il est tout clair que je m'efforçais toujours en premier lieu, d'indiquer tout ce qui concernait le noyau et il ne me restait souvent que le temps de tracer ra-

Durée de l'expérience :

de 7 <i>b</i> à 7 <i>h</i>	20 min.
de 7 <i>h</i> à 7 <i>i</i>	25 min.

La cellule des fig. 8*a*—8*g* Pl. II venait justement de commencer la division de sa plaque nucléaire lorsque je l'observai. Les deux parties de cette plaque se sont écartées partout à peu près en même temps, (fig. 8*a*) de sorte qu'elles forment deux couches parallèles (comme dans les cellules des figures 9 et 11). Dans le stade de la fig. 8*b*, analogue à 7*g*, l'éloignement des deux moitiés de la plaque nucléaire est plus grand déjà, toutefois le noyau n'a pas encore beaucoup changé de forme; ce n'est que dans les stades 8*c* mais surtout 8*d* et 8*e* que le noyau va subir une très forte expansion latérale en s'allongeant en même temps. *Toujours* j'ai vu se produire cette expansion latérale dans les noyaux arrivés à ce stade de leur division (comparer les fig. 7*h*, 9*h*, 10*a*, 11*h*, 11*i*, 11*p* B), mais je ne crois pas l'avoir observée ailleurs aussi forte que dans la cellule des fig. 8. Dans la fig. 8*c* on voit de nouveau plusieurs „fils” tendus en sens longitudinal dans le noyau, le plus souvent unissant les deux moitiés de la plaque; pendant l'observation on voit toujours ces fils ou pseudopodes se diviser, confluer, se retirer et changer de place; à mesure que le noyau s'étend en large leur nombre paraît constamment diminuer comme le montrent les fig. 8*d* et 8*e*, ainsi que les stades équivalents des autres cellules représentées dans les planches. Les stades ultérieurs 8*f* et 8*g* indiquent qu'ici encore il s'est opéré ensuite un rétrécissement du noyau, surtout en sens transversal.

Durée de l'expérience :

de 8 <i>a</i> à 8 <i>b</i>	± 2 min.
de 8 <i>b</i> à 8 <i>c</i>	2 „
de 8 <i>c</i> à 8 <i>d</i>	4 „
de 8 <i>d</i> à 8 <i>e</i>	3 „
de 8 <i>e</i> à 8 <i>f</i>	27 „
de 8 <i>f</i> à 8 <i>g</i>	20 „

La division de la plaque nucléaire se fait normalement si vite qu'au com-

pidement les parois de la cellule, 2^o. à ce que le noyau ne reste pas toujours en se divisant, dans le même plan horizontal; à mesure qu'il monte ou descend, la section optique de la cellule peut changer de forme (c'est à cette cause qu'est due par exemple la différence dans les contours des cellules B des fig. 13*a*—13*c*), 3^o. à des changements réels dans les dimensions des parois cellulaires.

mencement les détails en échappent à la vue. Une fois seulement, en étudiant une cellule où tous les changements se faisaient avec une lenteur extraordinaire, j'ai pu suivre plus de détails lors du commencement de la division; c'est pour ce motif que je reproduis quelques unes des esquisses (fig. 9*a*—9*g*) que j'ai faites de cette cellule.

Au moment où je dessinais le stade de la fig. 9*a*, le noyau était en forme de fuseau; des deux côtés de la plaque partaient quelques „stries”. Le dédoublement est de nouveau annoncé par une raie noire au milieu de la plaque nucléaire (fig. 9*b*, comme dans les fig. 7*b* et 11*b*). Ensuite on voit paraître quelques points blancs (fig. 9*c*) indices d'une interruption de continuité; ces parties blanches augmentent en nombre, s'étendent et finissent par communiquer ensemble (fig. 9*d*, 9*e*); à part quelques „stries” la scission de la plaque nucléaire est complète et les deux moitiés commencent à s'écarter l'une de l'autre.

Durée de l'expérience:

de 9 <i>a</i> à 9 <i>b</i>	12 min.
de 9 <i>b</i> à 9 <i>c</i>	2 „
de 9 <i>c</i> à 9 <i>d</i>	8 „
de 9 <i>d</i> à 9 <i>e</i>	7 „
de 9 <i>e</i> à 9 <i>f</i>	14 „
de 9 <i>f</i> à 9 <i>g</i>	47 „

Plus d'une fois déjà j'ai eu occasion de faire remarquer que l'expansion latérale que subit le noyau, lorsque les moitiés de la plaque nucléaire approchent au terme de leur déplacement, est suivie d'un rétrécissement en sens latéral. Ce rétrécissement constitue un phénomène non moins constant que l'expansion qui le précède; j'ai suivi plus particulièrement les transitions entre ces deux états successifs, pour la cellule des fig. 10*a*—10*d*. Dans le stade de la fig. 10*a* on voit, que le noyau s'est étendu jusqu'à ce que ses bords touchent à la paroi cellulaire; cela arrive d'ailleurs assez souvent (voir les fig. 8*d*, 8*e*, 9*g*, 11*p*). Les fig. 10*b*, 10*c* et 10*d* représentent des stades plus avancés; on y voit comment les bords du noyau se retirent petit à petit de la paroi cellulaire, ou plutôt de la couche protoplasmique qui la tapisse. Le noyau finit par devenir cylindrique (fig. 10*d*, voir aussi les fig. 7*i*, 11*k*, 11*qB*), en même temps les moitiés de la plaque nucléaire se sont peu à peu arrondies et peuvent être nommées: noyaux secondaires; les deux noyaux secondaires avec le manteau cylindrique qui les unit constituent ensemble ce qu'on a appelé le tonneau.

Durée de l'expérience :

de 10a à 10b.	14 min.
de 10b à 10c.	7 „
de 10c à 10d.	16 „

La plus complète de toutes mes séries d'observations est celle faite sur la cellule des fig. 11a—11o, 11q—11s (plus bas je parlerai de la cellule B des fig. 11i, 11o, 11p et 11q). Le premier stade (fig. 11a) peut prouver comme je l'ai déjà dit, que le noyau conserve quelquefois sa forme primitive, même après avoir pris une plaque nucléaire. Après ce que j'ai dit d'autres cellules, je ne crois pas qu'il soit nécessaire d'ajouter une explication aux fig. 11a—11i. Dans la fig. 11k on voit la même cellule après que son noyau a subi le rétrécissement latéral; les deux „noyaux secondaires” se sont arrondis, dans le cylindre qui les unit la matière n'est que faiblement „striée”. Ni dans ce stade ni dans les stades ultérieurs, fig. 11l—11s, il n'y a de faisceau régulier de stries unissant les deux noyaux secondaires en traversant le tonneau; je n'ai pas non plus vu de ces faisceaux dans d'autres cellules (voir p. ex. les fig. 7i, 8f, 8g, 10d, 11qB). Quelque temps après j'ai vu se diriger vers le milieu entre les deux noyaux secondaires, de petits granules à mouvement très vif (fig. 11l, voir aussi la fig. 7i); ces granules vont tout en s'agitant se ranger en une couche transversale: l'ébauche de la „plaque cellulaire” (fig. 11m). Les éléments de cette plaque en se serrant de plus en plus, la rendent plus mince mais plus compacte (voir les fig. 11m—11s). En même temps la plaque cellulaire s'étend en s'accroissant par son bord et cause par là un élargissement du tonneau dans sa région équatoriale, comme le montrent les figures. Dans le stade de la fig. 11s la plaque cellulaire a pris au milieu sa forme définitive, celle d'une couche mince, assez foncée et continue, c'est à dire non formée d'articles séparés; chaque noyau secondaire s'est muni déjà d'un nucléolus bien visible.

Dans d'autres cellules j'ai vu de même la formation de la plaque cellulaire s'annoncer par un amoncellement de granules à mouvement vif, entre les deux noyaux secondaires. Je ne puis dire positivement d'où ces grains tirent leur origine; leur mouvement en tout sens, aussi en sens transversal, rend presque impossible qu'ils glissent le long de fils tendus invisiblement entre les deux noyaux.

Seulement après avoir étudié pendant quelque temps les changements dans la cellule dont je viens de parler, je m'aperçus que le noyau d'une cellule située immédiatement au dessus d'elle avait pris une plaque nucléaire. J'ai représenté

quatre stades de cette cellule (cellule B des fig. 11*i*, 11*o*, 11*p*, 11*q*), et cela dans le but que je vais indiquer.

Les cellules que j'étudiais supportaient bien le séjour dans une solution de salpêtre puisqu'elles continuaient à se diviser; il est probable pourtant que les conditions anormales dans lesquelles elles se trouvaient ne restaient pas sans causer quelque effet nuisible. Effet qui pouvait avoir influence en premier lieu, sur le temps que prennent les différents changements dans les noyaux en voie de division; il se pourrait qu'à mesure que le séjour d'une cellule dans la solution se prolongeait, les stades successifs prenaient toujours plus de temps à être parcourus. Une pareille influence pourrait fausser les conclusions tirées des expériences, pour ce qui concerne les durées des différents stades; par conséquent il était important de se faire une idée sur les effets des conditions anormales dans lesquelles j'étudiais mes cellules; c'est à quoi m'ont servi les deux cellules des figures 11, ayant séjourné pendant le même temps dans la solution de salpêtre, mais dont l'une commença la division longtemps avant l'autre.

Les deux cellules dans l'état où les montre la fig. 11*o* avaient été un peu plus de 2 heures, 56 min. dans le liquide. Entre les stades 11*o* et 11*p* la cellule B a mis 20 min. et entre les stades 11*p* et 11*q*, 30 min. L'autre cellule arrivée au stade 11*g* (analogue au stade 11*o* cellule B) ne séjournait que pendant un peu plus de 18 min. dans le liquide. Entre 11*g* et 11*i* (analogue à 11*p* cellule B) elle a mis 13 min. et entre 11*i* et 11*k* (analogue à 11*q* cellule B) 35 min. Ainsi dans le cas présent, l'effet nuisible était presque nul, puisque le temps qui sépare des stades analogues est pour les deux cellules à peu près égal.

D'une manière indirecte je suis venu au même résultat. Dans les nombreuses cellules que j'ai étudiées, j'ai vu qu'entre les temps que durent les stades analogues de noyaux en division, il y a en général à peu près la même relation indépendamment de la durée du séjour de la cellule dans la solution de salpêtre*.

Par conséquent je crois pouvoir affirmer, que mes expériences peuvent donner une idée assez juste de la relation, entre les durées des différents stades que parcourt le noyau pendant la division †.

* Naturellement jusqu'à un certain point seulement; lorsque le séjour est trop prolongé, tout changement et tout mouvement dans le noyau et dans le protoplasma cessent, quelque temps avant la mort de la cellule déjà. Mais quand on a étudié beaucoup de cellules on s'aperçoit assez vite si un ralentissement dans les changements d'un noyau est probablement anormal ou non. Ainsi pour la série de temps parcourus, indiquée dans la liste ci dessous, il serait possible que les derniers changements fussent ralentis à cause d'un trop long séjour dans le liquide.

† Toute conclusion que j'indique dans cet exposé, n'a rapport qu'aux cellules que j'ai étudiées; je n'entends nullement généraliser.

Durée de l'expérience :

de 11 <i>b</i> à 11 <i>f</i>	12 min,	
de 11 <i>f</i> à 11 <i>g</i>	6 "	
de 11 <i>g</i> à 11 <i>h</i>	5 "	
de 11 <i>h</i> à 11 <i>i</i>	8 "	
de 11 <i>i</i> à 11 <i>k</i>	35 "	
de 11 <i>k</i> à 11 <i>l</i>	30 "	
de 11 <i>l</i> à 11 <i>m</i>	45 "	
de 11 <i>m</i> à 11 <i>n</i>	20 "	
de 11 <i>n</i> à 11 <i>o</i>	15 "	
de 11 <i>o</i> à 11 <i>p</i>	20 "	
de 11 <i>p</i> à 11 <i>q</i>	30 "	
de 11 <i>q</i> à 11 <i>r</i>	60 "	} Lenteur peut-être anomale.
de 11 <i>r</i> à 11 <i>s</i>	65 "	

Ni dans les stades des fig. 11*m*—11*s*, ni dans des stades analogues de plusieurs autres cellules, je n'ai vu de jeune membrane de cellulose croître, à partir du protoplasma pariétal, à la rencontre de la plaque cellulaire.

Il ne me reste que peu de mots à dire sur quelques cas où j'ai pu suivre la segmentation définitive de la cellule, c'est à dire la formation d'une cloison de cellulose.

Cellule des figures 12*a*—12*h* Pl. III. Dans le stade 12*a* la plaque cellulaire touche du côté gauche au protoplasma pariétal qui recouvre la paroi cellulaire. Les stades suivants jusqu'à 12*f*, montrent comment, à mesure que la plaque cellulaire se complète, tout le tonneau, y compris les noyaux, s'avance vers le côté opposé de la cellule; ce qu'on voit indique un accroissement de cette plaque et non une simple extension. Dans la fig. 12*g* on voit à gauche un dédoublement de la plaque cellulaire ne s'étendant pas encore sur toute son étendue; dans le stade suivant, fig. 12*h*, ce dédoublement est complet pour toute la plaque. Il est très probable que dans le stade 12*h* il y avait entre les deux moitiés de la plaque cellulaire une jeune membrane de cellulose et qu'ainsi la division de la cellule était achevée; il est même très possible que dans le stade précédent, fig. 12*g*, la partie gauche de cette membrane était déjà formée. Depuis le stade 12*d* on voit un nucléolus dans chaque noyau; dans les stades 12*g* et 12*h* les noyaux ont pris leurs formes définitives, ils sont finement granuleux.

Durée de l'expérience :

de 12 <i>a</i> à 12 <i>b</i>	15 min.
de 12 <i>b</i> à 12 <i>c</i>	15 "

de 12 <i>c</i> à 12 <i>d</i>	13 min.
de 12 <i>d</i> à 12 <i>e</i>	17 „
de 12 <i>e</i> à 12 <i>f</i>	1 h. 30 min.
de 12 <i>f</i> à 12 <i>g</i>	50 min.
de 12 <i>g</i> à 12 <i>h</i>	40 „

Cellules des figures 13*a*—13*d*. Des deux cellules en voie de division la cellule A est un peu plus avancée que la cellule B. Ces deux cellules n'offrant pas de différences notables avec la cellule des fig. 12, je renvoie le lecteur aux fig. 13*a*—13*c*. Dans le stade 13*b* la plaque cellulaire de la cellule A est en partie dédoublée; il en est de même pour la cellule B dans le stade de la fig. 13*c*. J'ajouterai qu'en général, le dédoublement de la plaque cellulaire n'est pas facile à voir dans des cellules vivantes, de sorte qu'il commençait peut-être plus tôt que je n'ai pu l'indiquer dans mes dessins. Un peu après avoir pris la fig. 13*c*, j'ai tué les cellules et rendu transparent tout le „contenu”; dans la cellule A il y avait une jeune cloison qui n'était pas encore complète (fig. 13*d*); du côté inférieur dans le dessin, il y avait un hiatus, près duquel se trouvaient des deux côtés quelques petits grains. Ainsi la jeune cloison ne s'est formée, que pour autant que le dédoublement de la plaque cellulaire était auparavant achevé. Dans la cellule B j'ai cru voir de même une jeune cloison en partie formée, mais si mince et si indistincte que je n'ose rien en dire positivement.

Dans des cellules comme celles des fig. 12 et 13, je n'ai pas non plus vu de jeune membrane croître à partir de la paroi de la cellule, à la rencontre de la plaque cellulaire. Les figures 12 et 13 peuvent encore servir à démontrer de nouveau, que la plaque cellulaire est continue et non composée d'articles séparés, et qu'il n'y a pas de faisceau de stries tendues à travers le tonneau.

Durée de l'expérience:

de 13 <i>a</i> à 13 <i>b</i>	20 min.
de 13 <i>b</i> à 13 <i>c</i>	25 „

Avant de finir cette partie de mon exposé, je tiens à ajouter que les séries de stades successifs que j'ai décrites et qui sont représentées dans mes planches, ne sont pas les seules que j'ai observées. Seulement mes autres expériences s'accordent avec celles dont je viens de parler; celles-ci suffiront sans doute à donner une idée claire des changements que subit le noyau pendant la division de la cellule et des durées relatives des différents stades.

Je rappellerai encore ici que dans le *Spirogyra orthospira*, M. STRASBURGER

à vu durer la plaque nucléaire a peu près 15 minutes; alors la division commença. Environ sept quart d'heures après les premiers indices de la division, les fils qui composent les parois latérales du tonneau commençaient à s'écarter*.

Occupé à la rédaction définitive de ce travail, je puis encore ajouter quelques mots sur une notice préliminaire que M. SELENKA vient de publier. Ce savant a observé les oeufs fécondés du *Toxopneustes variegatus*; 6 minutes après que la division de la plaque nucléaire y a commencé, les moitiés de cette plaque ont fini leur déplacement en arrivant aux pôles du noyau, devenu cylindrique; 11 minutes plus tard chaque moitié de la plaque nucléaire (composée ici de batonnets nettement limités et à nombre déterminé) a formé un noyau secondaire, en même temps la division de la cellule est achevée †.

III.

Les investigations de M. STRASBURGER ont porté sur plusieurs plantes appartenant aux groupes les plus différents; dans les plantes supérieures M. STRASBURGER a vu le noyau se comporter partout de la même manière. Mes propres recherches faites sur des cellules vivantes, s'accordent quant aux points essentiels avec les résultats auxquels est arrivé le savant professeur de Jéna.

Toutefois, comme je m'y attendais un peu, l'étude des cellules vivantes m'a fourni des indices sur des détails qui ont échappé à M. STRASBURGER; sur d'autres points elle a fait surgir des doutes à propos des vues de ce savant. Là où les différences se présentaient, pour juger de leur généralité j'ai complété mes observations en étudiant des cellules mortes de différentes plantes. Pour fixer le protoplasma et le noyau des cellules j'ai employé, à l'instar de M. STRASBURGER, l'alcool absolu; pour opérer une contraction du „contenu cellulaire” j'ai eu recours à l'alcool étendu déjà employé par MOHL dans ses recherches sur „l'utricule primordiale”. D'ordinaire ces deux réactifs ont l'effet voulu; cependant il arrive que l'alcool étendu „fixe” le protoplasma et le noyau, sans causer une contraction; par contre les cas ne sont pas rares où une contraction est opérée par l'alcool absolu.

Dans mes recherches sur les noyaux de cellules mortes, j'ai presque toujours

* STRASBURGER loc. cit. p. 50, 53.

† E. SELENKA, *Beobachtungen ueber die Befruchtung und Theilung des Eies von Toxopneustes variegatus*. Erlangen 1877. p. 8.

employé le picro-carminate d'ammoniaque de M. RANVIER. Je dépose les coupes pendant \pm 18 heures dans une solution au centième. „En faisant usage du picro-carminate, on peut avoir la coloration simple du carmin ou la double coloration de l'acide picrique. La coloration au carmin seul s'obtient en plaçant ensuite la pièce dans l'eau distillée, qui dissout l'acide picrique et laisse le carmin seul sur la préparation. Si au contraire, on laisse le picro-carminate tel quel sur la préparation, on a la double coloration” *. C'est la coloration au carmin seul, que j'ai d'ordinaire préférée; lorsqu'elle réussit bien, ce qui n'est pas toujours le cas, le noyau est d'un beau rouge ou rose, tandis que le protoplasma ambiant est resté incolore.

Déjà en 1858 TH. HARTIG s'est servi d'une solution de carmin dans l'eau, pour colorer les noyaux †.

Dans les derniers temps quelques botanistes, M. RUSSOW et M. STRASBURGER, ont employé quelquefois des solutions de carmin; il paraît qu'on se servait de préférence du carmin de Beale ou du carmin acétique.

„Dans les cas typiques, ce phénomène de division se passe de la même manière dans le règne animal que dans le règne végétal. Le noyau devient homogène, puis un antagonisme se développe entre deux endroits opposés de sa surface” §; ensuite la plaque nucléaire prend naissance. Pour différentes cellules des *Spirogyra orthospira*, *Ulothrix zonata*, *Iris pumila*, *Phaseolus multiflorus*, *Picea vulgaris* etc., M. STRASBURGER indique plus spécialement comment dans le stade qui précède l'apparition de la plaque nucléaire, le noyau, en s'agrandissant ordinairement, devient homogène; puis tout à coup „sa masse affecte une disposition en filaments” et la plaque nucléaire apparaît. D'autres auteurs, comme M. BÜTSCHLI et M. AUERBACH, indiquent de même, que le noyau avant d'entrer dans la „modification fusiforme” devient si homogène qu'il n'est plus du tout ou seulement à peine visible.

On a vu plus haut que dans les cellules vivantes que j'ai étudiées, les noyaux se composent avant la formation de la plaque nucléaire, de grosses granules; celles-ci en se dirigeant lentement vers un plan équatorial, vont constituer ensemble la dite plaque. Parmi les cellules tuées par l'alcool, j'en ai souvent vu, dans différentes plantes, dont le noyau contenait d'assez gros granules

* RANVIER, *Traité technique d'histologie*. Paris 1875, p. 101.

† TH. HARTIG, *Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims*, Leipzig 1858, p. 6. — M. DE BABY, m'eu l'obligeance de m'indiquer ce travail que je ne connaissais pas.

§ *Sur la formation et la division des cellules*, p. 236.

comme dans la cellule de la fig. 14 prise d'un entre-nœud du *Bowiea volubilis* *. Il est possible que dans de telles cellules le noyau se prépare à la production d'une plaque nucléaire, et cela d'autant plus que j'ai vu ces noyaux dans des préparations où d'autres cellules étaient en train de se diviser; toutefois on ne saurait se prononcer positivement sur ce point. Plus d'intérêt méritent les cas, où l'on voit dans différentes cellules des transitions entre des noyaux dont toute la masse affecte une différenciation en granules et d'autres où la présence d'une plaque nucléaire est incontestable; voir par exemple les cellules de fig. 22—25, toutes prises du mésophylle du *Crinum asiaticum*. Pour les cellules-mères du pollen des *Tradescantia*, HOFMEISTER a décrit, il y longtemps déjà, un état granuleux des noyaux, voir ma fig. 20; ici encore j'ai vu de plus gros granules se former, pour aller constituer la plaque nucléaire, fig. 21.

Je puis me prononcer avec plus de sécurité, sur la forme que prend le noyau dans les cellules-mères des spores de l'*Ophioglossum vulgatum*, avant de produire une plaque nucléaire. Dans „l'épi” de l'*Ophioglossum vulgatum* les sporanges ne „mûrissent” pas tous à la fois; lorsque dans les sporanges du milieu de l'épi chaque cellule-mère vient de finir sa division en quatre spores, les sporanges en haut et en bas de l'épi ne contiennent encore que des cellules-mères, tout à fait indivises; dans les sporanges à position intermédiaire, les cellules-mères se trouvent à un état de division plus ou moins avancé. Ainsi sur une même rangée longitudinale de sporanges, on peut suivre tous les changements que subissent les noyaux lors de la division des cellules-mères, et cela sans qu'on ait à craindre de se tromper dans la succession des différents stades. Dans la fig. 31 j'ai représenté une cellule-mère, dont le noyau n'offre pas encore de traces d'une division commençante; le noyau de la fig. 32 se prépare à engendrer une plaque nucléaire, dans celui de la fig. 33 celle-ci est complète; dans les cellules comme celle de la fig. 33, je me suis assuré en les roulant, que je n'avais pas à faire à une plaque nucléaire vue de face.

Il me semble que dans les cellules-mères des spores de l'*Ophioglossum vulgatum*, M. RUSROW a déjà vu le stade qui précède à la production de la plaque nucléaire †.

Pour les cellules-mères des spores des *Marsilia*, ce savant s'exprime plus posi-

*) Liliacée introduite sous ce nom, au jardin botanique de Leide. Dans la fig. 14 on voit que le nucléole est resté presque incolore, j'ai vu la même chose dans d'autres plantes; TH. HARTIG prétend qu'après la coloration du noyau, le nucléole représente toujours la partie la plus rouge.

† Russow, Vergleich. Unters. p. 126.

tivement: „les noyaux disparaissent; dans le protoplasma jusqu'ici finement granuleux, plusieurs granules plus gros se montrent, ceux-ci se rangent en une plaque, divisant la cavité de la cellule en deux parties égales” *.

M. BÜTSCHLI a vu dans les „Keimzellen der Spermatozoen” du *Blatta germanica*, les nombreuses granulations du noyau devenir plus grandes, tout en diminuant en nombre. „Cet état du noyau précède sans doute la métamorphose en fuseau nucléaire, que nous connaissons” †.

Dans un travail publié tout récemment, M. STRASBURGER lui-même, paraît avoir en partie changé d'avis, sur la transition du noyau à la plaque nucléaire. Dans le *Nothoscordum fragrans*, M. STRASBURGER a vu plusieurs noyaux à gros granules §; l'auteur considère cet état du noyau comme précédant ici „sa différenciation en fuseau”. Les préparations du Dr. MAYZEL, de la cornée du Triton cristatus, donnèrent occasion à M. STRASBURGER de très bien voir l'état du noyau avant la formation du „fuseau”; plusieurs batonnets légèrement tordus y sont répandus dans le noyau. La même chose a été vue par M. EBERTH **. Dans le mesophylle du *Crinum asiaticum*, j'ai vu quelques fois la masse du noyau différenciée en batonnets (fig. 27); au lieu de granules, ces batonnets peuvent former ensemble la plaque nucléaire (fig. 26).

Ainsi l'état homogène du noyau avant la formation de la plaque nucléaire est bien loin d'être général.

Pour les plantes supérieures, cryptogames vasculaires et phanérogames, je crois même, à tout prendre, que la plaque nucléaire est très souvent formée par l'amoncellement de gros granules, répandus auparavant par tout le noyau.

J'ai fait de mon mieux pour retrouver, dans des cellules tuées par l'alcool, les deux stades découverts dans les cellules vivantes de l'*Epipactis palustris*: l'extension latérale du noyau après l'éloignement au maximum des deux moitiés de la plaque nucléaire, et le rétrécissement considérable qui s'opère ensuite avant la formation de la plaque cellulaire.

En effet j'ai réussi à voir de temps de temps des cellules, dont les noyaux représentaient un de ces deux stades; cellules prises de plantes très différen-

* RUSLOW, loc. cit. p. 51.

† BÜTSCHLI, loc. cit. p. 40.

§ STRASBURGER, *Ueb. Befruchtung und Zelltheilung; Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft* Bd. XI. Heft IV, p. 518, Pl. XXXIII, fig. 46, 47.

** STRASBURGER, *Befruchtung und Zelltheilung; loc. cit. p. 522.* A la page 524 M. STRASBURGER cite d'autres auteurs encore, ayant décrit une différenciation du noyau en granules ou en batonnets.

tes *. L'extension latérale est par exemple, bien visible dans les cellules des fig. 16 et 29, et très manifeste surtout dans la fig. 28, cellule épidermique de la feuille du *Crinum asiaticum*; dans cette plante j'ai vu plusieurs fois des cellules où l'extension latérale du noyau n'était pas moins grande que dans la cellule de la fig. 28. J'ai trouvé plus d'exemples encore de l'autre stade: le rétrécissement latéral; voir par exemple les fig. 15, 17, 18, 19, 30. Il paraît qu'après ou pendant l'écartement des deux moitiés de la plaque nucléaire, le noyau peut s'allonger plus considérablement que je ne l'ai vu dans les cellules vivantes (voir les fig. 18, 19 et 30). Un allongement très considérable, dans ce stade de la division du noyau a été indiqué pour plusieurs cellules animales, par différents auteurs; M. STRASBURGER l'a de même observé pendant la division des cellules du *Spirogyra orthospira* †.

Quant à la formation de la membrane de cellulose et la plaque cellulaire, mes opinions diffèrent essentiellement de celles du professeur de Iéna. Ces points me paraissent être de première importance, lorsqu'il s'agit de la division de cellules végétales; aussi je citerai en extenso les passages du livre de M. STRASBURGER, qui s'y rapportent. Je commencerai par la description, de la division des cellules d'endosperme du *Phaseolus multiflorus* §. „Plus tard apparaît dans les fils la plaque cellulaire, et, comme cette plaque est séparée de la paroi de la cellule par l'espace rempli de liquide cellulaire, soit sur toute sa circonférence, soit au moins sur la plus grande partie de celle-ci, elle doit se compléter partiellement dans l'intérieur de cet espace. On voit alors se passer des phénomènes analogues à ceux que l'on observe dans *Spirogyra orthospira*. La paroi se forme graduellement de la périphérie vers le milieu et sa formation commence avant même que la plaque cellulaire se soit montrée dans les fils. C'est dans l'intérieur de cette dernière plaque, que la partie manquante de la membrane se forme en une fois, car, contrairement à ce qui se passe dans le *Spirogyra*, ici les fils et leur plaque se conservent jusqu'au moment de former la membrane. Dans ce cas le noyau et le protoplasma de cellule coopèrent encore à la division cellulaire, tandis que, chez le *Spirogyra*, la division du noyau et celle du protoplasma sont devenues sensiblement indépendantes. . . .

* A la page 238 de son premier travail sur ce sujet M. STRASBURGER dit: Les fils du noyau se repoussent encore latéralement les uns des autres, ce qui conduit à une dilatation considérable de tout le système dans sa région équatoriale.”

† Formation et division des cellules p. 51.

§ Ibid. p. 117 et 118.

Nous avons donc dans l'endosperme du Phaseolus un exemple d'une cloison qui, contrairement à l'opinion généralement admise pour l'intérieur de tissus, ne se produit pas simultanément sur toute son étendue, mais successivement et cela d'après un type en quelque sorte mixte, puisqu'une partie de cette paroi se forme en s'avancant de l'extérieur vers l'intérieur, tandis qu'une autre apparaît subitement."

M. STRASBURGER décrit la même formation de la plaque cellulaire et de la membrane de cellulose pour des cellules des *Picea vulgaris*, *Iris pumila*, *Gingko biloba*, *Pinus silvestris*, *Allium narcissifolium* *. D'ailleurs, aussitôt qu'une cellule n'est que partiellement remplie de protoplasma, ayant une cavité intérieure remplie de liquide cellulaire, M. STRASBURGER ajoute „de sorte que la division se passe ici comme dans l'endosperme du Phaseolus" †.

Pour M. STRASBURGER, la plaque cellulaire une fois formée ne s'accroît plus, elle est tout au plus *étirée* par l'extension latérale du „tonneau". § Lorsqu'après cette extension la plaque cellulaire, ne touche pas encore au protoplasma pariétal celui-ci se charge de compléter la plaque à travers le liquide cellulaire. „Cette addition de la partie manquante ne peut pas s'opérer simultanément, mais bien successivement sous forme d'un anneau procédant de la paroi de la cellule vers l'intérieur." Alors se produit une fente dans l'anneau „et dans cette fente est sécrétée la cellulose La plaque se complète donc successivement à partir de la paroi de la cellule et on peut observer la jeune cloison de cellulose comme un anneau fixé à la paroi de la cellule-mère et s'accroissant par son bord interne. Aussitôt que cet anneau atteint la plaque cellulaire intérieure, le reste de la cloison se forme simultanément Le procédé peut encore rester identique à celui qui vient d'être décrit, lorsque le noyau, au lieu d'être suspendu au milieu de la cellule, se place près de la paroi de celle-ci. Il est séparé alors du protoplasme de la paroi opposée par toute la cavité cellulaire et c'est à partir de là que la plaque cellulaire devra se compléter successivement." ** Ces considérations de M. STRASBURGER se basent en majeure partie, sinon tout à fait, sur des recherches faites sur des cellules de phanérogames.

Ainsi dans les plantes supérieures, le noyau d'une cellule qui commence à se

* Ibid. p. 33, 116, 119, 121, 144.

† STRASBURGER, Formation et division des cellules p. 119.

§ Voir par exemple à la p. 116. „*Les fils du noyau etc.*"

** STRASBURGER, loc. cit. p. 244, 245.

diviser, fournit toujours par sa division, les deux jeunes noyaux; * mais pour un très grand nombre de cellules, le noyau de la cellule-mère ne se chargerait qu'en partie de la formation de la cloison séparatrice entre les deux cellules-filles. Pour ce second acte de la division, le noyau n'aurait, selon M. STRASBURGER, qu'une médiocre importance, aussi pour les phanérogames, dans la grande majorité des cellules †.

D'après sa dernière publication, M. STRASBURGER n'a pas changé d'opinion sur ce sujet §.

Avant de donner un exposé de mes propres vues je tiens à indiquer que j'ai fait des recherches sur la formation de la membrane de cellulose, dans une quinzaine d'angiospermes (y compris les deux plantes où j'ai étudié les cellules vivantes) et dans le *Botrychium Lumaria*. Sauf les cellules des filaments proembryonnaires de l'*Orchis latifolia*, toutes les cellules étudiées, appartenant au tissu fondamental ou à l'épiderme, avaient une mince couche pariétale de protoplasma et une grande cavité cellulaire, comme dans les cellules étudiées par M. STRASBURGER.

Tant pour les cellules vivantes, que pour celles tuées par l'alcool que j'ai pu étudier, je suis arrivé aux deux résultats suivants :

- 1 La plaque cellulaire, formée dans le tonneau, entre les deux jeunes noyaux, *s'accroît* par ses bords jusqu' à ce que de tous les côtés elle touche aux parois de la cellule.
- 2 Jamais je n'ai vu la plaque cellulaire, formée dans le tonneau, complétée par un anneau s'élevant à partir de la paroi cellulaire; jamais non plus je n'ai vu de membrane annuliforme de cellulose, croître à la rencontre de la plaque cellulaire.

Avant d'entrer dans plus de détails, il me faut tout de suite distinguer deux cas : ou bien le noyau en se divisant reste au centre de la cellule, ou bien il se trouve tout près d'une des parois de la cellule.

Dans le premier cas, la plaque cellulaire s'accroît partout par ses bords, le tonneau s'étend de tous les côtés, et la plaque cellulaire touche, partout à

* Sauf de très rares exceptions, comme dans les cellules-mères des macrospores de l'*Isoetes Durieui*.

† Je dis, „dans la grande majorité des cellules”, parceque le plus grand nombre de divisions ne paraît pas avoir lieu dans les cellules du méristème primitif, mais dans les cellules à cavité cellulaire remplie de liquide.

§ STRASBURGER, *Befruchtung und Zelltheilung*, loc. cit. p. 516.

peu près en même temps, aux parois de la cellule-mère (fig. 39, 45). Est-ce qu'alors la membrane de cellulose ne se forme qu'en une fois („simultanément”), après que la plaque cellulaire a partout atteint la paroi de la cellule, ou bien est-ce que plus tôt déjà, il y a au milieu de la plaque cellulaire un disque continu de cellulose, disque finissant par se rattacher partout aux parois cellulaires et se changeant ainsi en cloison complète? Voilà une question que je n'ai pas pu résoudre.

Il est vrai que dans les cellules-mères du pollen de l'*Anthericum ramosum*, faiblement contractées dans l'alcool, M. STRASBURGER a souvent observé „une fente se produire au milieu de la plaque cellulaire, tandis que cette plaque était encore intacte sur les bords”; * j'ai vu la même chose dans des cellules parenchymateuses du rhizome du *Botrychium Lunaria*. Seulement on sait que le dédoublement d'une partie de la plaque cellulaire, n'amène pas toujours immédiatement une sécrétion de cellulose (voir p. ex. ma fig. 3 f). On connaît aussi depuis longtemps, des exemples d'une scission complète de toute la plaque cellulaire, sans que pour cela il y ait encore de cloison séparatrice. † Tout cela fait pencher à admettre, pour le cas qui nous occupe, une formation dite simultanée de toute la membrane de cellulose. Toutefois, ce qui suit prouvera qu'on aurait tort de rejeter à priori comme impossible, l'hypothèse d'un disque de cellulose, s'agrandissant par ses bords.

Dans le second cas, lorsque le noyau en se divisant, se trouve tout près d'une des parois de la cellule, la plaque cellulaire touche tout de suite après sa formation, contre cette paroi, tandis que de l'autre côté, elle est séparée de la paroi opposée par la plus grande partie de la cavité cellulaire. Dans les cellules vivantes, surtout dans celles de l'*Epipactis palustris* (voir les pages 19 et 20 et les figures 12 et 13), comme dans un grand nombre de différentes cellules tuées par l'alcool, j'ai pu constater qu'alors le tonneau, ou plutôt le demi-tonneau, se dirige, avec les deux jeunes noyaux vers le côté opposé de la cellule, en même temps que la plaque cellulaire s'accroît jusqu' à ce qu'elle touche partout à la paroi cellulaire; voir les figures 34—38 et 40—44. Après un traitement par l'alcool étendu, opérant une contraction du protoplasma, j'ai très distinctement vu dans plusieurs cellules, qu'à partir du lieu où elle touche à la paroi cellulaire, la plaque se fend à mesure qu'elle se complète; dans cette

* STRASBURGER, Formation et division des cellules, p. 145.

† Voir entre autres: Hofmeister, Pflanzenzelle p. 106, fig. 22, Sachs, Traité de botanique, trad. française, p. 22, fig. 13, 14, STRASBURGER, Formation et division des cellules.

fente il se forme une membrane de cellulose, se rattachant à la paroi cellulaire, *cette membrane se forme ainsi successivement, son agrandissement suit de près l'accroissement de la plaque cellulaire*; un peu après que celle-ci a atteint la paroi cellulaire opposée, la membrane de cellulose s'y rattache aussi et la cloison séparatrice est complète, voir les figures 34—38 et 41—44 (cela s'accorde avec ce que j'ai vu dans les cellules vivantes, voir les fig. 12, 13 et 3 g). J'ai observé la formation successive de la membrane de cellulose, de cette manière,* dans les plantes suivantes: *Hoya Ariadne*, *Bowiea volubilis* (Liliacée), *Tradescantia discolor*, *Tradescantia hypophaea*, *Sciadocalyx digitaliflora* (Gesneracée), *Clematis vitalba*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Iris pumila*, *Epipactis palustris*, *Orchis latifolia*.

Dans des cellules où le protoplasma, n'avait pas subi de contraction, j'ai très rarement pu décider s'il y avait eu déjà une sécrétion de cellulose dans une partie de la plaque cellulaire (comme dans la fig. 40); c'est seulement lorsque la jeune membrane de cellulose est dès le commencement assez épaisse, que j'y ai réussi. Il arrive fréquemment, lors d'une contraction du protoplasma, que la mince couche de protoplasma pariétal, se colle si fortement contre le tonneau qu'on ne peut plus la distinguer (voir les fig. 35, 37, 41, 42, 43); dans d'autres cellules les contours du demi-tonneau restent visibles (fig. 34, 38 et moins bien dans les fig. 36, 44.)

Pour les cellules que j'ai étudiées, le rôle du noyau est beaucoup plus important que ne l'admet M. STRASBURGER. Le noyau commence par se diviser, entre les deux jeunes noyaux résultant de cette division, il se forme, d'une manière ou de l'autre, une plaque cellulaire complète et cette plaque fournit la membrane de cellulose. *Ainsi c'est par l'intervention directe, des jeunes noyaux, que toute la plaque cellulaire et par conséquent toute la membrane de cellulose, est formée.*

La diversité des plantes qui m'ont servi dans mes recherches, me fait croire que le mode de formation de la membrane de cellulose, comme je l'ai observé, est assez répandu.

J'ai étudié aussi la division de cellules d'endosperme, dans un *Nicotiana*; je n'y ai rien vu, qui ne s'accordât pas avec ce que j'ai trouvé ailleurs, seule-

* Dans les mêmes plantes, d'ordinaire dans la même préparation, on peut voir aussi des cellules où, par la position centrale du noyau pendant la division, la plaque cellulaire atteint partout à la fois les parois cellulaires; ainsi il est très bien possible qu'on voie dans la même préparation des cellules comme celle de la fig. 44 et celle de la fig. 45.

ment les jeunes membranes de cellulose y sont si minces, que souvent elles sont presque invisibles (fig. 46); aussi je n'ai pas pu y distinguer de membranes incomplètes.

D'après tout ce que j'ai vu dans des cellules végétales en voie de division, je suis conduit à considérer les fils et les stries dans ou entre les noyaux, du moins pour les plantes supérieures, comme d'importance tout-à-fait secondaire. Dans les cellules de rhizome des *Equisetum*, du *Botrychium Lunaria*, dans le *Sciadocolyx digitaliflora* etc., j'ai bien vu toutefois des faisceaux de fils très distincts, tant dans le jeune tonneau que dans le stade à plaque nucléaire. J'ai vu quelquefois, dans des cellules tuées par l'alcool, la jeune plaque cellulaire sous forme d'anneau et non comme „plaque” continue; ces plaques „annuliformes”, déjà vues par HOFMEISTER et d'autres, n'ont rien d'étonnant, ce ne sont que des ébauches qui, dans la cellule vivante, ne tardent pas à se changer en plaque continue, tout comme dans les cellules vivantes où j'ai vu la plaque cellulaire commencer sa formation d'un côté du tonneau.

On s'étonnera peut-être que dans tout ce qui précède, il n'est jamais question de cellules procambiales; c'est parceque leur forme se prête mal pour l'étude des détails de la division. Dans les *Hoya Ariadne*, *Bowiea volubilis*, *Sciadocalyx digitaliflora*, j'ai vu les noyaux de cellules procambiales se diviser de la manière découverte par M. STRASBURGER.



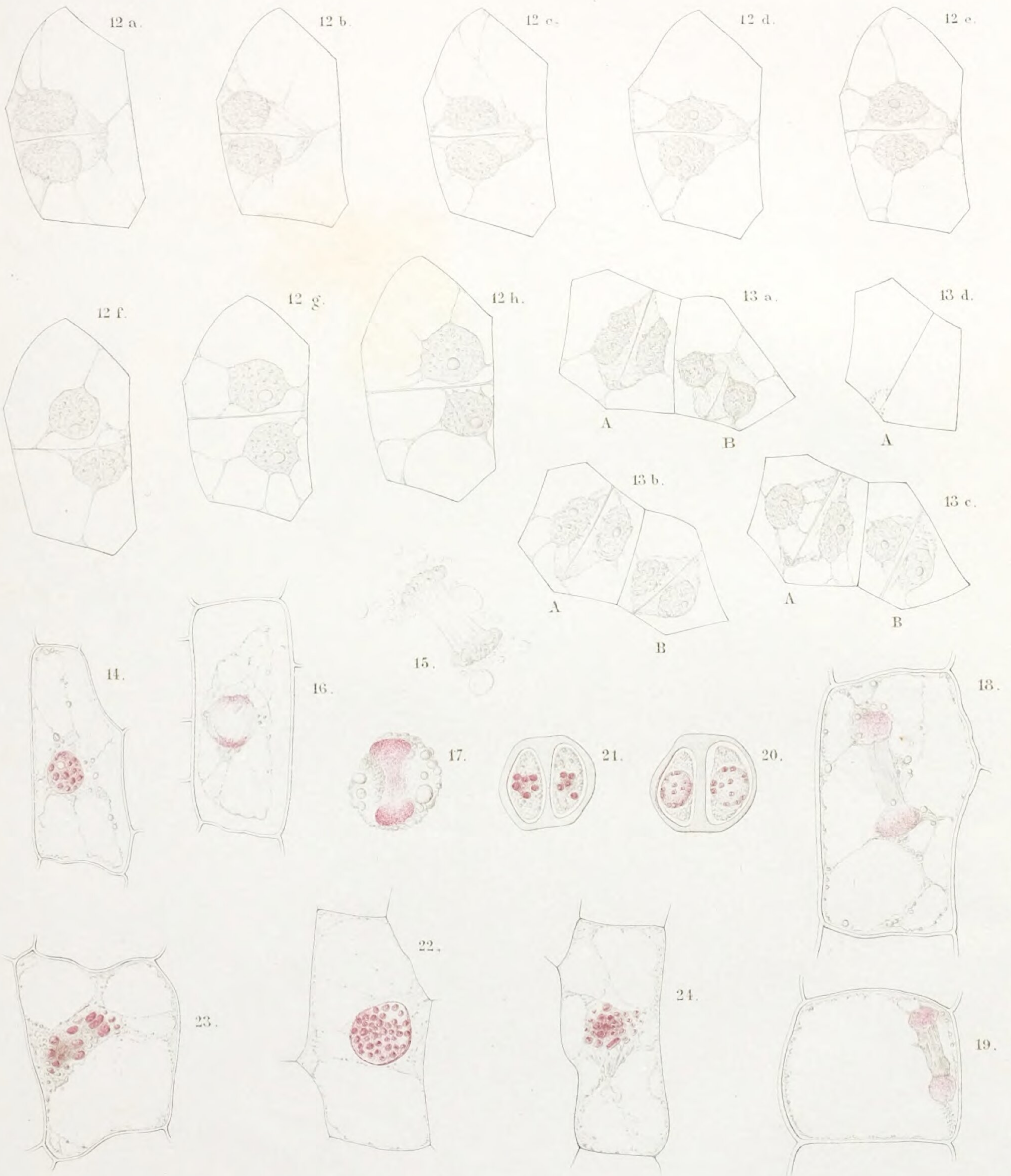
M. Treub del.

A.J. Wendel sculps.



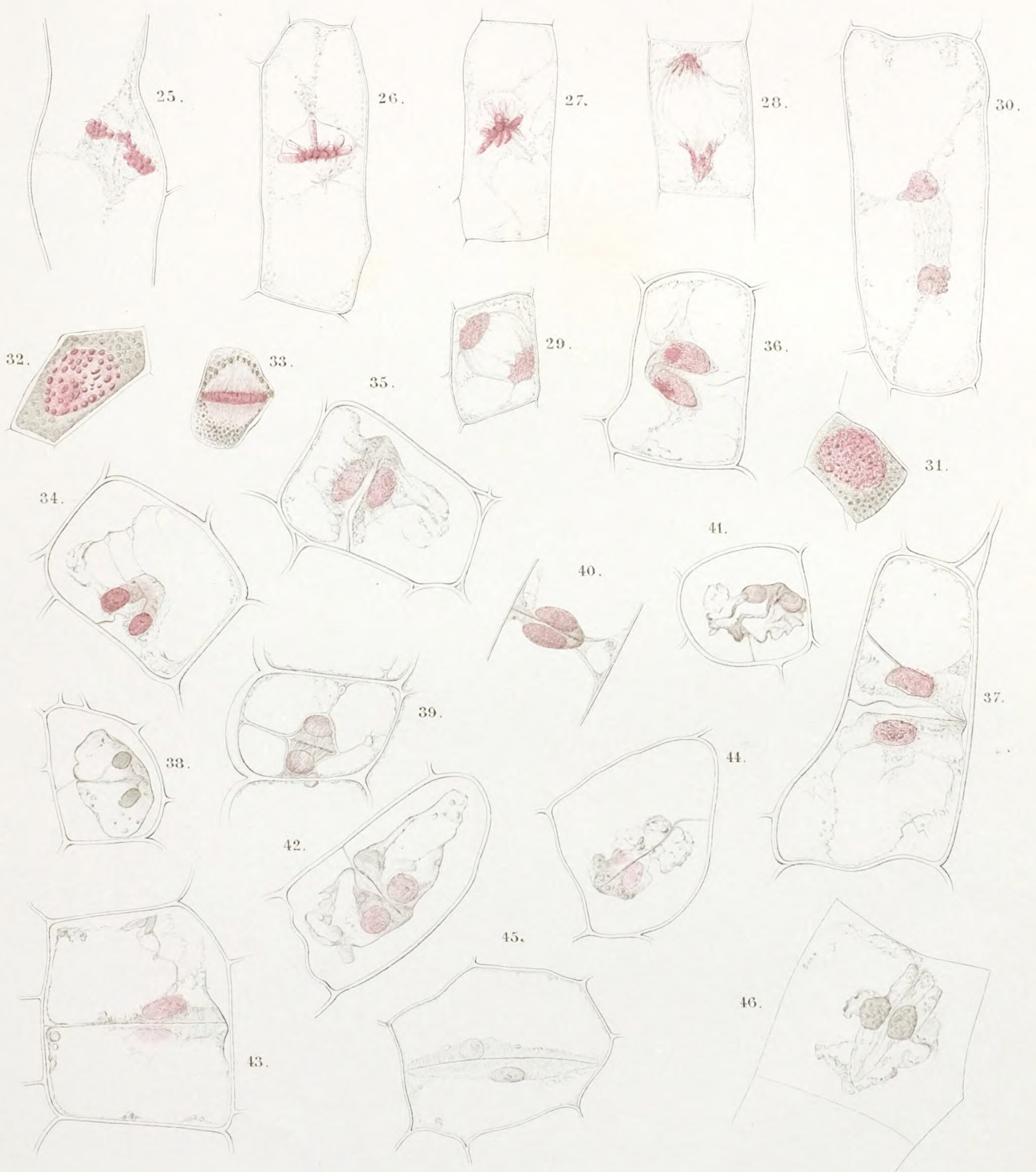
M. Treub del.

A.J. Wendel sculps.



M. Treub del.

A. J. Wendel sculps.



M. Treub del.

A.J. Wendel sculps.

EXPLICATION DES FIGURES.

Le grossissement de toutes les figures est de 730 diam., sauf indication contraire.

Pl. I.

Fig. 1—4. ORCHIS LATIFOLIA.

- Fig. 1. Deux cellules du sommet d'un filament proembryonnaire.
- Fig. 2*a*—2*f*. Cellule terminale d'un filament proembryonnaire; dédoublement de la plaque nucléaire.
- Fig. 3*a*—3*g*. Cellule terminale d'un filament proembryonnaire; accroissement du tonneau, formation d'une jeune membrane de cellulose. La fig. 3*e* et l'esquisse de la fig. 3*f* sont grossies 820 fois.
- Fig. 4*a*—4*f*. Cellule terminale d'un filament proembryonnaire; croissance du tonneau, formation d'une jeune membrane de cellulose.

Fig. 5—13. EPIPACTIS PALUSTRIS.

(Toutes les cellules faisaient partie de la couche cellulaire périphérique des ovules).

- Fig. 5*a*—5*c*. Formation de la plaque nucléaire.
- Fig. 6*a*—6*e*. Formation de la plaque nucléaire.
- Fig. 7*a*—7*i*. Cellule montrant le dédoublement de la plaque nucléaire.

Pl. II.

- Fig. 8*a*—8*g*. Dédoublement de la plaque nucléaire.

- Fig. 9a—9g. Dédoublément de la plaque nucléaire; les deux moitiés s'écartent avec une lenteur extraordinaire.
- Fig. 10a—10d. Cette cellule montre comment le noyau se rétrécit après avoir subi l'expansion latérale.
- Fig. 11a—11s. Deux cellules; dans l'une le noyau à plaque nucléaire, fig. 11a, offre ensuite toutes les transitions jusqu' à une plaque cellulaire traversant presque toute la cellule, fig. 11s; dans l'autre, cellule B, on voit la division de la plaque nucléaire, voir la cellule supérieure dans les fig. 11i, 10o—11q.

Pl. III.

- Fig. 12a—12h. Accroissement de la plaque cellulaire et formation de la membrane de cellulose.
- Fig. 13a—13d. Deux cellules, A et B, sauf dans la fig. 13d où la cellule A est représentée seule. Accroissement de la plaque cellulaire et formation de la membrane de cellulose.
- Toutes les figures suivantes, sont dessinées d'après des cellules tuées par l'alcool.
- Fig. 14. Cellule d'un entrenoeud du *Bowiea volubilis*.
- Fig. 15. Noyau en voie de division, pris d'une cellule d'endosperme du *Nicotiana spec.* Gross. 1070 diam.
- Fig. 16. Cellule d'un entrenoeud du *Tradescantia discolor*. Gross. 1070 diam.
- Fig. 17. Cellule, sans membrane, sortie d'une jeune anthère du *Tradescantia hypophaea*. Gross. 1070 diam.
- Fig. 18. Cellule d'un entre-noeud du *Tradescantia hypophaea*. Gross. 1070 diam.
- Fig. 19. Cellule d'un entre-noeud du *Tradescantia hypophaea*.
- Fig. 20, 21. Cellules-mères de pollen, du *Tradescantia hypophaea*.
- Fig. 22—24. Cellules du mésophylle du *Crinum asiaticum*.

Pl. IV.

- Fig. 25—30. Cellules du *Crinum asiaticum*. La fig. 28 représente une cellule épidermique, les autres figures des cellules du mésophylle.
- Fig. 31—33. Cellules-mères de spores de l'*Ophioglossum vulgatum*. Gross. 1070 diam.
- Fig. 34—37. Cellules du tissu fondamental d'une jeune fleur de l'*Iris pumila*.
- Fig. 38. Cellule de l'écorce d'un entre-noeud du *Hoya Ariadne*. Gross 1070 diam.