

le noyau principal (macronucleus) des Infusoires, en un réseau nucléinien à mailles étroites. BUTSCHLI (II, 5) considère sa structure comme étant alvéolaire. D'après lui, le noyau se compose d'alvéoles allongés, à trois ou plusieurs faces, séparés par de très fines cloisons de nucléine et remplis de suc nucléaire peu colorable. Vers la surface du noyau, les alvéoles sont également séparés du protoplasme par une mince couche de nucléine: il n'existe pas de vraie membrane nucléaire. Les arêtes des alvéoles sont épaissies. Pour juger de la forme et de la disposition des alvéoles, il suffit de comparer les figures 23 (A et B). Dans les interstices, on distingue un ou deux nucléoles.

La figure 24 représente la *charpente nucléaire d'une cellule de tissu conjonctif* de la larve de Salamandre. Elle consiste en un réseau assez serré de

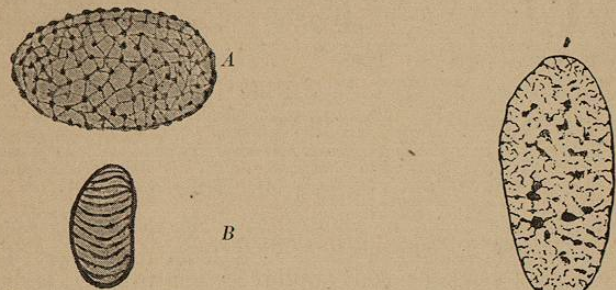


FIG. 23. — Noyau, à structure alvéolaire très nette, de *Ceratium tripos*. D'après BÜTSCHLI, pl. XXVI, fig. 14. A, le *Ceratium* étant examiné par sa face ventrale; B, le *Ceratium* étant examiné de profil. Ces deux figures ne montrent que des coupes optiques.

FIG. 24. — Larve de Salamandre. Noyau d'une cellule du tissu conjonctif du péritoine; au voisinage se trouve un centrosome divisé. D'après W.FLEMMING, fig. 4.

filaments très fins; çà et là des renflements plus épais, fixant d'une façon spéciale les matières colorantes. Ces renflements existent généralement aux points d'union de plusieurs travées. Ce sont des amas plus compacts de nucléine. Ils peuvent prendre un aspect très semblable aux nucléoles vrais de paranucléine; c'est pour les distinguer de ces derniers que FLEMMING leur a donné le nom de *nœuds du réseau*.

Les noyaux des divers tissus animaux possèdent une charpente plus ou moins délicate. Quand elle est grossière, elle peut n'être formée que par un petit nombre de cordons: dans ce cas, elle ne mérite guère le nom de charpente ou de réseau. En général, le réseau nucléaire des cellules jeunes, embryonnaires et en voie de développement, est plus grossier, plus compact que celui des cellules d'un tissu adulte.

Généralement la charpente nucléaire est formée de deux substances, de linine et de nucléine; cette dernière seule absorbe et fixe les matières tinctoriales habituelles. Ces deux substances sont généralement disposées de telle sorte que la nucléine constitue des granulations plus ou moins

déliçates, situées soit à la surface, soit à l'intérieur des travées de linine. Dans les charpentes les plus fines, les plus serrées, comme celle que nous montre la figure 24, il est très difficile, et parfois même impossible, de distinguer l'une de l'autre les deux substances. Cette distinction est plus facile dans les réseaux plus grossiers, tels que celui que montre la figure 25, qui représente un noyau au repos de la couche pariétale protoplasmique du sac embryonnaire de *Fritillaria imperialis*. D'après la description de STRASBURGER, les fins filaments de la charpente ne fixent géné-

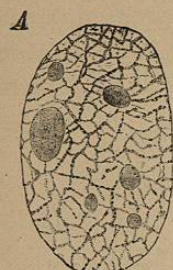


FIG. 25. — *Fritillaria imperialis*. Noyau au repos. D'après STRASBURGER, fig. 191, A.

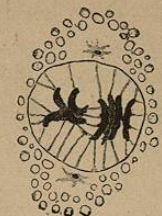


FIG. 26. — *Ascaris megalocephala*, type bivalent. Noyau d'une spermatomère qui se prépare à la division: on distingue huit segments nucléaires, disposés en deux faisceaux et deux corpuscules polaires. HERTWIG, II, 19 b, pl. II, fig. 18.

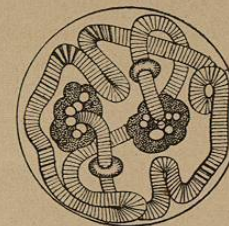


FIG. 27. — Structure du noyau d'une cellule de la glande salivaire de *Chironomus*. D'après BALBIANI, Zool. Anz., 1881, fig. 2.

ralement pas la matière tinctoriale; ils sont formés de linine. Les granulations, colorables, de nucléine sont appliquées contre eux. On distingue, en outre, dans la charpente, un certain nombre de nucléoles plus ou moins volumineux.

Si l'on doutait encore de l'existence d'une charpente de linine, il suffirait pour se convaincre d'étudier le noyau des spermatomères de l'*Ascaris du cheval* (Fig. 26). Au stade préalable à la division, toute la nucléine se trouve contenue dans huit bâtonnets recourbés en crochets et groupés en deux faisceaux. Ces bâtonnets sont, en quelque sorte, tenus en suspension dans l'espace nucléaire, en ce sens qu'ils sont rattachés les uns aux autres ainsi qu'à la membrane nucléaire par des filaments incolores de linine. Que ces filaments ne sont pas des coagulum produits dans le suc nucléaire par les réactifs, c'est ce que prouve à l'évidence leur disposition régulière. D'ailleurs, leur réaction chimique et leur manière d'être lors de la division démontrent qu'ils sont formés d'une substance essentiellement différente de la nucléine et de la paranucléine.

La nucléine n'est pas toujours disposée en un réseau. C'est ainsi, par exemple, que, d'après les observations de BALBIANI (II, 3), dans les grands noyaux vésiculeux des larves de *Chironomus* (Fig. 27), elle est contenue dans un seul filament nucléaire épais, très sinueux, qui, dans les préparations colorées, se montre formé de disques alternativement teintés et non teintés,

structure que STRASBURGER (II, 41) a aussi signalée dans certaines cellules végétales. Les deux extrémités du filament sont en relation avec deux nucléoles.

Ailleurs, la masse principale de nucléine est concentrée en un corps sphérique volumineux, qui a l'aspect d'un nucléole, mais qui se distingue, par sa nature, des nucléoles vrais, lesquels sont formés de paranucléine (p. 41). Afin d'éviter des confusions il convient de désigner ces corps sous le nom de *corps nucléiniens*. Comme exemple de cette disposition, nous décrirons le *noyau du Spirogyra*, dont la structure est la même que celle du noyau de divers organismes inférieurs. C'est une vésicule, séparée du protoplasme par une fine membrane, et montrant un fin réseau nucléaire. Comme ce réseau ne fixe pas les substances tinctoriales, il consiste donc

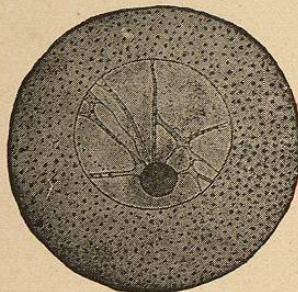


FIG. 28. — Œuf ovarien, immature d'un Échinoderme. La grande vésicule germinative montre un réseau de filaments, le réseau nucléaire, et une tache germinative. O. HERTWIG, Embryol., fig. 1.

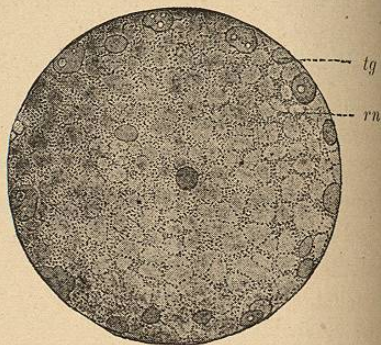


FIG. 29. — Vésicule germinative d'un petit œuf ovarien, immature de la Grenouille. Dans un réseau nucléaire serré (rn) on distingue de nombreuses taches germinatives (tg); m, membrane nucléaire. O. HERTWIG, Embryol., fig. 2.

essentiellement en linine ; les granulations de nucléine appliquées contre lui sont peu nombreuses. Dans le réseau se trouve un volumineux corps nucléinien, parfois fragmenté en deux. Que ce corps est principalement formé de nucléine, c'est ce que prouvent et ses réactions vis-à-vis des matières tinctoriales, et ce fait que, lors de la division nucléaire, sa substance se résout en granulations et fournit les segments nucléaires.

Des corps nucléiniens semblables, habituellement appelés nucléoles, jouent un grand rôle dans la structure de la vésicule germinative des œufs chez les animaux. Par sa structure, la vésicule germinative diffère des noyaux des autres tissus, comme le montrent les figures 28 à 30.

La figure 28 représente l'œuf immature d'un Échinoderme : on distingue, même sur le vivant, dans la vésicule germinative un réseau très grossier de filaments assez épais. Ces filaments sont principalement formés de linine. La substance colorable de la vésicule est presque exclusivement

accumulée dans un corps sphérique, volumineux, la *tache germinative*, située en un point du réseau, vers lequel convergent la plupart des filaments de linine.

Dans les vésicules germinatives géantes des gros œufs, riches en vitellus, des Poissons, Amphibiens et Reptiles, le nombre des taches germinatives augmente considérablement pendant l'accroissement de la cellule. On ne sait pas encore si cette multiplication se fait par division ou par un autre procédé. En tout cas, la vésicule germinative finit par en posséder plusieurs centaines. La position des taches germinatives varie d'un moment à l'autre ; mais généralement elles sont situées à la surface de la vésicule germinative et réparties régulièrement contre la face interne de la membrane nucléaire. C'est ce que montre la figure 29, qui représente le noyau d'un œuf de Grenouille, encore immature et assez petit.

La forme des taches germinatives est variable. Tantôt sphériques, surtout quand elles sont isolées, tantôt ovalaires ou un peu allongées, elles sont d'autres fois étranglées en leur milieu ou de forme irrégulière. Lorsqu'elles sont nombreuses, leur taille est soumise à de grandes variations. Souvent leur substance fortement réfringente renferme de petites vacuoles, remplies d'un liquide. Ces vacuoles ne sont nullement des produits artificiels, ainsi que le prouve l'examen des œufs vivants. Cependant, au moment où l'œuf est tué par les réactifs, il peut encore se former d'autres vacuoles, ou bien les vacuoles existantes peuvent s'agrandir (FLEMMING, II, 10, p. 151).

Par leurs propriétés chimiques les taches germinatives diffèrent des nucléoles vrais. Ces derniers, consistant en paranucléine, ne se colorent pas par les substances tinctoriales habituelles du noyau. Cependant il n'est pas certain que la substance des taches germinatives soit complètement identique à la nucléine de la charpente nucléaire. Malgré les nombreuses publications dont le noyau a fait l'objet, ce point n'est pas encore élucidé d'une façon suffisante. La seule chose que nous puissions considérer comme établie, c'est que les corps plus ou moins sphériques qui existent dans les divers noyaux des cellules végétales et animales, et que l'on a désignés généralement sous le nom de nucléoles, n'ont pas tous la même composition. C'est ce qu'ont prouvé les études de FLEMMING (II, 10), de CARNOY (II, 8), mes propres recherches (II, 19 a), celles de ZACHARIAS (II, 45), etc. On ne devrait donc pas donner un même nom à des éléments aussi différents ; ou bien, si l'on veut conserver le nom général de nucléoles, en raison de la simple identité de leur forme, à tous les corps sphériques du noyau, on devrait au moins dans chaque cas fournir des renseignements sur leur nature chimique. Il faudrait, comme je l'ai déjà dit, que, dans les études du noyau, on insistât plus sur la composition chi-

mique des diverses parties constitutives que sur leur forme, qui a moins d'importance. En effet, un réseau de filaments lininiens joue, dans le noyau, un rôle tout autre qu'un réseau nucléinien ou qu'un réseau formé à la fois de linine et de nucléine. Il en est de même pour les nucléoles, selon qu'ils sont formés de telle ou de telle autre substance.

Je terminerai cette dissertation sur les nucléoles en prouvant que certaines *taches germinatives* sont nettement constituées par deux substances

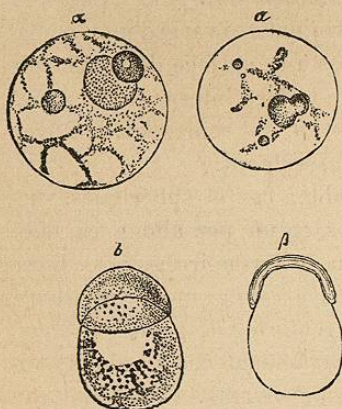


FIG. 30. — D'après FLEMMING, fig. E', p. 104. a, noyau d'un œuf ovarien d'*Unio*, expulsé de l'œuf et examiné, sur le frais, dans le liquide de l'ovaire. Nucléole bilobé. On distingue une faible partie du réseau nucléaire. α , noyau semblable après l'action de l'acide acétique à 5 0/0. Les cordons du réseau nucléaire se montrent plus nettement; la partie plus volumineuse et plus pâle du nucléole principal, ainsi que les nucléoles accessoires, sont gonflés et pâlis; la partie moins volumineuse du nucléole principal est également gonflée, mais à un degré moindre. b, nucléole principal d'un œuf de *Tichogonia polymorpha*; sa partie réfringente est disposée en forme de coiffe sur l'autre partie, plus volumineuse et pâle. β , le même nucléole, à la coupe optique: figure schématique.

différentes. C'est ce que LEYDIG a observé pour la première fois chez les Lamellibranches, observations qui ont été ensuite confirmées par FLEMMING (II, 10) et par moi-même, dans d'autres cellules (II, 19). J'exposerai ici, d'après FLEMMING, l'état de la question.

Chez *Cyelas cornea* et chez les Najades, la vésicule germinative renferme un nucléole principal indépendamment de quelques nucléoles accessoires. « Le premier est formé de deux parties de constitution différente (Fig. 30): une partie plus petite, fortement réfringente et très colorable, et une partie plus grande, plus pâle, moins chromatique, et gonflant fortement dans les acides. Chez *Anodonta* elles sont réunies; chez *Unio*, souvent elles ne sont qu'en contact ou même séparées l'une de l'autre. Les nucléoles accessoires, plus petits, sont situés sur les travées de la charpente du noyau: ils montrent la même réfringence, la même colorabilité et le même pouvoir de gonflement que

la grande partie du nucléole principal. Quand on traite ces œufs par de l'eau, la grande partie du nucléole principal ainsi que les nucléoles accessoires disparaissent comme les cordons de la charpente du noyau. Il ne persiste que la petite partie, très chromatique, du nucléole principal; mais elle devient plus nette et légèrement rétractée. Si l'on traite ces œufs par de l'acide acétique fort (5 0/0 et plus), la grande partie, plus pâle, du nucléole principal gonfle rapidement et disparaît, tandis que la petite, bien que devenue plus brillante et légèrement gonflée aussi, persiste. » — « Si l'on emploie les matières tinctoriales habituelles du noyau, la partie fortement réfringente du nucléole se colore d'une façon

particulièrement intense; mais l'autre partie ainsi que les nucléoles accessoires se colorent aussi assez vivement. » — « Cette différenciation du nucléole principal en deux parties s'observe dans les œufs d'une foule d'animaux. Chez *Dreissena polymorpha*, la partie fortement réfringente et chromatique forme une coiffe creuse autour de la partie plus pâle. »

Moi-même (II, 19) j'ai observé que la tache germinative se compose de deux substances chez *Anodonta*, *Helix*, *Tellina* et *Asteracanthion*. L'*Asteracanthion* (Fig. 31) offre un intérêt spécial en ce que la différenciation en deux substances (*pn*, *nu*) ne se montre nettement qu'au moment où la vésicule germinative commence à disparaître, et le fuseau polaire à se former aux dépens de son contenu.

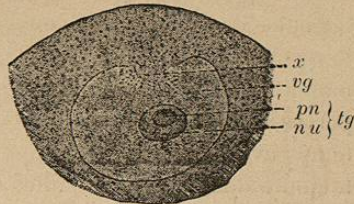


FIG. 31. — Fragment d'œuf d'*Asterias glacialis*. Cette figure montre l'atrophie ou réduction de la vésicule germinative. La vésicule commence à se ratatiner: une saillie protoplasmique (*x*) avec radiation pénètre à son intérieur, et en ce point la membrane de la vésicule a disparu. La tache germinative (*tg*), encore nette, s'est séparée en deux substances, la nucléine (*nu*) et la paranucléine (*pn*). O. HEATWIG, Embryol., fig. 12.

Enfin, il est encore un point important, concernant la structure du noyau au repos, sur lequel il convient d'attirer l'attention.

Selon l'âge ou le stade du développement de la cellule, le noyau au repos peut subir des transformations importantes dans toutes ses parties constitutives: dans l'aspect de sa charpente nucléaire, dans le nombre, la taille et la constitu-

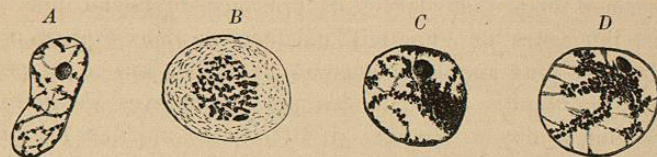


FIG. 32. — *Ascaris megalocephala*, type bivalent. A, noyau au repos d'une cellule spermatique primordiale. B, noyau d'une spermatocyte, recueillie dans la partie initiale de la zone d'accroissement du testicule. C, noyau au repos d'une spermatocyte de la zone d'accroissement. D, noyau vésiculeux d'une spermatocyte recueillie dans la partie initiale de la zone de division et se préparant à se diviser.

tion de ses nucléoles. Comme FLEMMING (II, 10) le fait observer, « dans le jeune œuf ovarien des Lamellibranches, le nucléole principal n'est pas différencié en deux parties; cette différenciation n'apparaît qu'avec la maturité de l'œuf ». Généralement la vésicule germinative des œufs subit, pendant la période d'accroissement, des métamorphoses importantes, qui n'ont encore été que peu étudiées et dont la signification est mal établie.

Il en est de même pour le noyau des spermatocytes. Ces transformations, j'ai pu les observer complètement dans le testicule de l'*Ascaris megalocephala* (II, 19 b).

Comme le montre la figure 32, la forme du noyau se modifie progressivement dans le cours de la spermatogenèse (comparer A et B avec C). Les plus jeunes spermatocytes (B) ont un noyau sans membrane, avec une

charpente nucléinienne serrée et un nucléole superficiel. Dans les cellules un peu plus âgées (C) le noyau est devenu vésiculeux et il est pourvu d'une membrane nette. Le suc nucléaire est traversé par quelques filaments de linine. La nucléine est accumulée en un ou deux amas irréguliers : on distingue, en outre, un nucléole plus ou moins sphérique. Dans les cellules qui ne sont pas encore complètement mûres, la nucléine est généralement accumulée en une couche compacte, en un point de la face interne de la membrane nucléaire, tandis que des granulations nucléiniennes plus ou moins délicates sont encore apposées à la surface des filaments de linine, dispersés en petit nombre dans l'espace nucléaire. Cet état se maintient longtemps avant que la nucléine se dispose en filaments (D). Un nucléole siège toujours dans une des mailles de la charpente.

III. — EXISTE-T-IL DES ORGANISMES ÉLÉMENTAIRES DÉPOURVUS DE NOYAU ?

Le noyau est-il un organe indispensable à toute cellule ? Cette importante question se rattache intimement à la description des propriétés chimiques et morphologiques du noyau. Il y a quelques années, cette question n'embarrassait guère. L'insuffisance des anciennes méthodes d'observation ne permettant pas de déceler la présence du noyau dans tous les organismes inférieurs, on admettait l'existence de deux espèces de parties élémentaires, les plus simples consistant exclusivement en un petit amas de protoplasme, tandis que dans les plus complexes s'était formé un organe spécial, le noyau. HÆCKEL (I, 10 ; II, 15) appelait les premières des cytodes, et leurs formes vivantes, des monères ; les autres, il les appelait cellules ou cytes. Depuis cette époque, l'état de la question s'est essentiellement modifié.

Grâce au perfectionnement de nos instruments d'optique et des méthodes de coloration, l'existence d'organismes sans noyau est mise en question.

Chez de très nombreux végétaux inférieurs (Algues, Champignons) et chez les Protozoaires qui passaient pour dépourvus de noyau : Vampyrelles, Polythalamies, Myxomycètes, on arrive sans peine à démontrer la présence de ces éléments. Comme, en outre, il a été prouvé que l'œuf mûr possède aussi un noyau (HERTWIG, II, 19 a), nous pouvons dire que, dans tout le règne animal, il n'existe pas un seul exemple certain de cellule sans noyau. On pourrait objecter les corpuscules rouges du sang des Mammifères. A vrai dire, ils ne possèdent pas de noyau ; mais ils ne possèdent pas non plus de protoplasme ; aussi a-t-on le droit de prétendre que les corpuscules du sang des Mammifères n'ont nullement la valeur d'orga-

nismes élémentaires, mais qu'ils sont plutôt des produits de transformation de cellules primitives.

Pour soutenir qu'il y a des cellules sans noyau, on ne peut s'appuyer que sur certains microorganismes, les bactéries et les formes voisines, dont l'exiguité extraordinaire rend très difficile la distinction entre protoplasme et substance nucléaire. Cependant BUTSCHLI (II, 6) a cherché à établir que ces organismes ont aussi des organes nucléaires. Il considère comme tels, chez les Oscillariées et autres (Fig. 33, A, B), des corps qui ne se dissolvent pas dans le suc gastrique, et qui renferment des granulations très chromophiles, qui sont probablement des granulations de nucléine. Ces corps forment la majeure partie de la cellule, dont le protoplasme est réduit à l'état d'une mince lamelle. Les vues de BUTSCHLI sont partagées, d'une façon générale, par ZACHARIAS (II, 47).

Quiconque ne considérerait pas cette manière de voir comme suffisamment probante devra convenir cependant qu'il y a au moins autant de motifs pour admettre que les microorganismes sont exclusivement ou principalement formés par de la substance nucléaire que pour admettre qu'ils ne consistent qu'en un très petit amas de protoplasme. On peut invoquer en faveur de la première hypothèse la tendance extraordinaire qu'ont ces microorganismes à fixer les matières tinctoriales.

IV. — CORPUSCULES CENTRAUX OU POLAIRES

En ces derniers temps on a signalé la présence, au sein du protoplasme de certaines cellules, à côté du noyau, d'un organe très exigü, mais très important par sa fonction : c'est le *corpuscule central* ou *polaire* (*centrosome*). Depuis longtemps déjà cet élément était connu dans la division cellulaire (voir chapitre VI), où il joue un très grand rôle : c'est lui, en effet, qui est le centre de figures radiées particulières, et il constitue généralement dans la cellule un centre, vers lequel sont orientées, dans une certaine mesure, les parties constitutives les plus diverses de la cellule.

Sa *grandeur* touche aux limites des choses visibles et n'atteint souvent pas le diamètre des microorganismes les plus petits. Il semble formé par la *même substance* que la pièce intermédiaire du spermatozoïde, avec laquelle d'ailleurs il offre des relations génétiques, lors de la fécondation

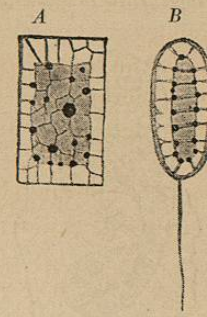


FIG. 33. — A. *Oscillaria*. Coupe optique d'une cellule d'un filament. Tué par l'alcool et coloré par l'hématoxyline. D'après BUTSCHLI, fig. 12, a. B. *Bacterium lineola* (CONN). Coupe optique. Tué par l'alcool et coloré par l'hématoxyline. D'après BUTSCHLI, fig. 3, a.