

nucléaire, ils se disposent à l'équateur du premier fuseau de direction, qui se place à la surface du vitellus (Fig. 127, II) et forme la première cellule polaire, comme nous l'avons dit plus haut (p. 216). Ce processus est comparable à la division de la spermatomère en ses deux cellules filles. Comme dans la spermatogenèse (Fig. 126, I), chacun des deux produits de division de l'ovulomère renferme un faisceau de quatre segments nucléaires (Fig. 127, II). Ces deux produits de division de l'ovulomère, qui ici sont de volumes très inégaux, la cellule-œuf fille et la cellule polaire, contiennent, en effet, l'une et l'autre, deux faisceaux filles de deux segments nucléaires chacun. De même aussi il s'accomplit immédiatement,

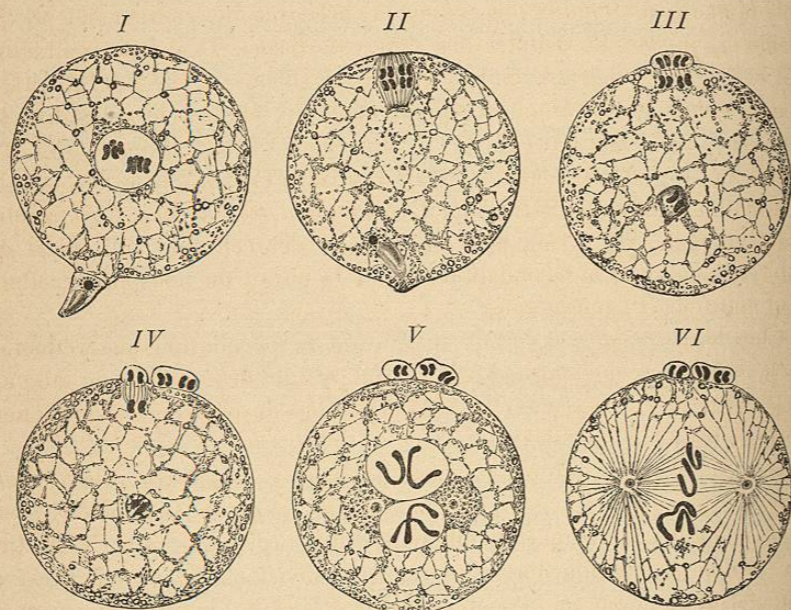


FIG. 127. — Schéma de la formation des cellules polaires et de la fécondation de l'œuf d'*Ascaris megalocephala bivalent*.

comme dans la spermatogenèse, une seconde division, sans stade de repos intermédiaire. Aux dépens des éléments du demi-fuseau restant dans la cellule-œuf fille se reconstitue directement un second fuseau complet comprenant seulement quatre segments nucléaires réunis par paires. Le second bourgeonnement donne naissance à la seconde cellule polaire (Fig. 127, IV) et à la cellule-œuf petite-fille ou œuf mûr, chacun de ces produits de division contenant deux segments nucléaires seulement.

Abstraction faite de cette circonstance que les produits de division, dans la maturation de l'œuf, sont de volumes très inégaux (bourgeonnement), les phénomènes ressemblent si complètement aux processus de division

qui s'accomplissent dans la spermatogenèse et que nous avons décrits plus haut, qu'ils nous permettent de comprendre la signification des cellules polaires. Tandis qu'aux dépens d'une spermatomère (Fig. 126, I) se forment quatre cellules spermatiques (Fig. 126, III, A, B, C), aux dépens d'une ovulomère (Fig. 127, I) se forment un œuf apte à être fécondé (Fig. 127, V) et trois œufs abortifs. Ces derniers se sont maintenus à l'état rudimentaire, parce qu'ils jouent un rôle dans la division de réduction, importante au point de vue physiologique.

Ces faits observés chez l'*Ascaris* démontrent que le nombre des segments nucléaires que contiennent les produits sexuels mûrs n'est égal qu'à la moitié du nombre des segments nucléaires que contiennent, chez le même organisme, les cellules des différents tissus. Des faits semblables ont été signalés chez une foule d'autres organismes : par BOVERI (VI, 6) pour les œufs mûrs d'animaux appartenant aux classes les plus diverses du règne ; par FLEMMING (VI, 13, II), PLATNER (VI, 52), HENKING (VI, 27), ISHIKAWA (VI, 40), HAECKER (VI, 24), VON RATH (VI, 53), pour les cellules spermatiques mûres de *Salamandra*, *Gryllotalpa*, *Pyrrhocoris*, *Cyclops*, etc. ; par GUIGNARD (VI, 23 b), pour les noyaux des cellules polliniques qui interviennent dans la fécondation et pour le noyau de l'oosphère (cellule-œuf mûre) des Phanérogames.

Chez les *Infusoires* il se fait aussi avant la fécondation une réduction de la substance nucléaire. C'est ce qui résulte des études de MAUPAS (VII, 30) et de R. HERTWIG (VII, 21), dont nous aurons l'occasion de nous occuper dans le chapitre VII.

Dans tous les cas que nous venons de décrire, la réduction de la substance nucléaire a lieu avant la fécondation de l'œuf par la cellule spermatique. Mais il semble aussi qu'elle puisse dans certains cas ne s'effectuer qu'après la fécondation, lors des premières divisions du noyau. C'est de cette façon du moins que je puis interpréter les faits si intéressants constatés par KLEBAHN (VI, 43) chez deux espèces d'Algues inférieures de la famille des Desmidiacées, *Closterium* et *Cosmarium*. J'y reviendrai d'une façon détaillée dans le chapitre suivant.

IV. — Influence exercée sur la division cellulaire par certains facteurs extérieurs. Figures de division nucléaire anormales. Dégénérescences du noyau.

Ce jeu d'énergies si complexes qui se manifeste dans toute division cellulaire peut être influencé d'une manière surprenante par des facteurs extérieurs, comme nous l'avons vu pour les mouvements du protoplasme. Toutefois ici les modifications éprouvées sont plus difficiles à débrouiller

parce que des éléments de nature chimique différente, tels que protoplasme, segments nucléaires, fibres du fuseau, corpuscules polaires, peuvent être influencés et modifiés d'une façon très différente. Toute cette question a jusqu'ici été peu étudiée encore par la voie expérimentale. Nous ne connaissons que bien peu de choses sur la manière dont se comportent les divers stades de la division nucléaire vis-à-vis des excitants thermiques, mécaniques, électriques et chimiques. Les recherches expérimentales les plus complètes qui ont été faites jusqu'ici concernent la manière d'être des œufs des Échinodermes pendant la segmentation, vis-à-vis des excitants thermiques et chimiques.

D'abord en ce qui concerne les influences thermiques, on sait généralement que, selon le degré de la température, la division cellulaire se ralentit ou s'accélère. Mais où est l'optimum de température, où est le minimum, quelles actions exercent sur les figures nucléaires les températures dépassant l'optimum ? Ce sont toutes questions qui doivent être résolues par la

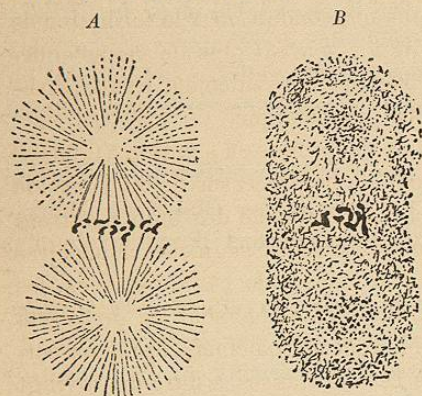


FIG. 128. — A, figure nucléaire d'un œuf de *Strongylocentrotus* une heure vingt minutes après la fécondation. B, figure nucléaire d'un œuf de *Strongylocentrotus* qui, une heure et demie après la fécondation a été placé pendant deux heures quinze minutes dans un mélange réfrigérant à 2 degrés centigrades sous zéro et a ensuite été tué.

voie expérimentale. J'ai moi-même (VI, 32 et 33) entrepris des expériences sur l'influence exercée par des froids de 1 à 4 degrés centigrades. Lorsque des œufs d'Échinodermes en voie de segmentation sont soumis pendant quinze à trente minutes à des températures de 1 à 4 degrés sous zéro, toute la partie achromatique de la figure de division s'atrophie en quelques minutes, tandis que la partie chromatique, c'est-à-dire les segments nucléaires, ne subit aucun changement ou seulement des changements insignifiants. Les plus instructifs sont les stades où les segments nucléaires sont disposés à l'équateur (Fig. 128, A) ou déjà répartis vers les deux pôles. Ainsi que nous l'apprend la figure 128, B, les radiations protoplasmiques et les fibres du fuseau ont disparu sans laisser de trace; les sphères entourant les corpuscules polaires sont encore indiquées dans le vitellus par deux taches plus claires. Seuls les segments nucléaires ont conservé leur aspect et leur situation.

Pendant toute la durée de l'action du froid la figure nucléaire reste dans le même état; mais elle se modifie très rapidement lorsque l'œuf est déposé

dans une goutte d'eau sur le porte-objet et soumis peu à peu à l'influence de la température de la chambre. Déjà après cinq à dix minutes les deux radiations polaires réapparaissent, d'abord peu marquées, puis de plus en plus nettement, aux mêmes points où elles existaient. Entre les deux pôles se montrent à nouveau les fibres du fuseau et bientôt la division continue son cours normal. *Dans ces cas, le froid n'a donc fait qu'arrêter, suspendre la division. Le processus de la division reprend ensuite au point même où il avait été arrêté.*

Les perturbations sont plus intenses lorsque l'action d'une température de 2 à 3 degrés sous zéro se prolonge deux ou trois heures. Toute la figure nucléaire est complètement modifiée et, si la période de rigidité est dépassée, il faut beaucoup de temps pour que la figure se reconstitue comme au début. Ou bien les segments nucléaires se fusionnent en un corps irrégulier, dentelé, ou bien il se reforme même à leurs dépens un petit noyau vésiculeux, comme cela se passe lors de la reconstruction du noyau après la division. Alors recommencent des transformations qui conduisent à la formation de radiations polaires et de figures de division souvent plus ou moins anormales. La division du corps de l'œuf s'effectue non seulement très tardivement, mais souvent aussi sous une forme pathologique.

Certaines substances chimiques (sulfate de quinine en solution à 0,05 0/0 et hydrate de chloral à 0,5 0/0) exercent sur le processus de division une action surprenante, analogue à celle du froid. Lorsque des œufs montrant le fuseau nucléaire et la disposition équatoriale des segments nucléaires sont exposés pendant cinq à dix minutes à l'action de ces substances, les radiations polaires commencent à disparaître complètement. Si on arrête l'action de l'excitant, les choses se rétablissent normalement, après un certain temps de repos. Quand l'action de ces substances a duré dix à vingt minutes, les perturbations sont plus profondes et, dans beaucoup de cas, le processus de la division s'accomplit d'une façon très spéciale et caractéristique. Non seulement les radiations polaires et les fibres du fuseau s'atrophient complètement, mais il se reforme lentement aux dépens des segments nucléaires un noyau vésiculeux au repos (Fig. 129, A). Ce noyau constitue bientôt le point de départ d'une nouvelle division, mais essentiellement modifiée (O. et R. HERTWIG, VI, 38).

Au lieu de se former deux radiations protoplasmiques à la surface du noyau vésiculeux, il s'en forme spontanément quatre (Fig. 129, B, une des radiations est cachée). Ces radiations sont très nettement marquées après l'action de la quinine; par contre, après l'action du chloral, elles ne sont que faiblement indiquées et sont restreintes au voisinage immédiat du noyau. Plus tard la membrane nucléaire se résout; entre les quatre pôles se forment quatre fuseaux, à l'équateur desquels se répartissent les segments

nucléaires, ce qui engendre une figure caractéristique (Fig. 129, C). Alors les segments nucléaires s'écartent vers les quatre pôles et donnent lieu à la formation de quatre noyaux vésiculeux, qui s'écartent les uns des autres et se portent à la surface du vitellus. L'œuf commence ensuite à montrer deux sillons croisés correspondant aux noyaux. En général, la division en quatre ne s'accomplit pas jusqu'au bout, mais avant qu'elle soit achevée les quatre noyaux se préparent à une nouvelle division, en se transformant

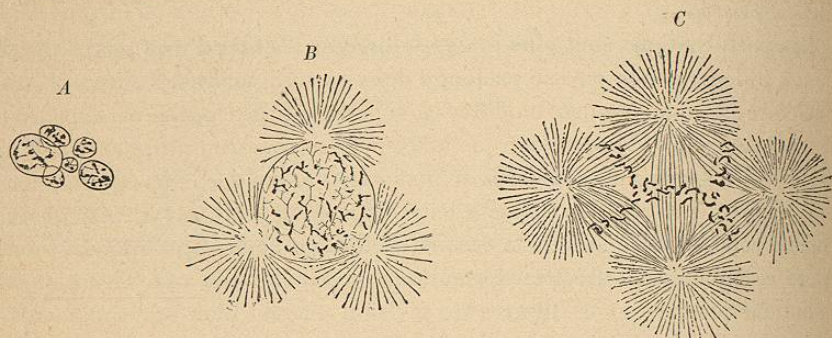


FIG. 129. — Noyaux d'œufs de *Strongylocentrotus* qui, une heure et demie après la fécondation, ont été déposés pendant vingt minutes dans une solution de sulfate de quinine à 0,025 0/0. A, figure nucléaire d'un œuf qui a été tué une heure après avoir été enlevé de la solution. B, figure nucléaire d'un œuf qui a été tué un peu plus d'une heure après avoir été enlevé de la solution. C, figure nucléaire d'un œuf qui a été tué deux heures après avoir été enlevé de la solution.

en fuseaux pourvus de deux radiations polaires. Alors les deux sillons croisés dont nous venons de parler s'approfondissent lentement et chaque fuseau vient se placer dans un mamelon ou un bourgeon. Ou bien la séparation est en ce moment assez complète, ou bien les quatre fuseaux se divisent, c'est-à-dire que leurs segments nucléaires s'écartent les uns des autres, avant que les plans de division soient complets. Dans ce dernier cas, les quatre premiers mamelons commencent à s'étrangler avant d'être séparés les uns des autres (segmentation par bourgeons).

Ce qu'il y a de plus remarquable dans les phénomènes que nous venons de décrire, c'est l'apparition subite de quatre radiations polaires, auxquelles doivent correspondre autant de corpuscules polaires, si nous nous en référons à tout ce que nous connaissons. On trouve une explication de ce fait dans les phénomènes qui accompagnent la fécondation de l'œuf chez les Échinodermes : nous en parlerons plus loin.

Au lieu de la transformation du noyau représentée par la figure 129, C, il n'est pas rare de rencontrer celle que nous montre la figure 130, où l'une des radiations est un peu plus éloignée des trois autres. Dans ce cas, seules les trois radiations les plus rapprochées sont réunies par trois fuseaux, en un triaster. Les trois plaques nucléaires se touchent au centre du triangle

équilatéral ainsi formé. La quatrième radiation est unie par un seul fuseau à la radiation du triaster la plus rapprochée d'elle.

L'image donnée par la figure 131 est une transition entre les figures 129 et 130. De la radiation x , située plus isolément, partent deux fuseaux vers le restant de la figure nucléaire représentant un triaster. De ces deux fuseaux, l'un est incomplet et se caractérise par le nombre moindre de ses segments nucléaires. Il est vraisemblable qu'il ne se serait même pas formé si la radiation x avait été encore un peu plus éloignée de la radiation y .

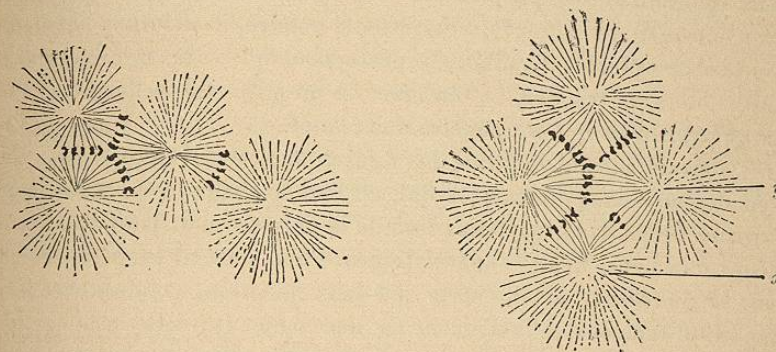


FIG. 130 et 131. — Figures nucléaires pluripolaires d'œufs de *Strongylocentrotus* qui, une heure et demie après la fécondation, ont été déposés pendant vingt minutes dans une solution de sulfate de quinine à 0,05 0/0 et qui ont ensuite été tués deux heures après avoir été enlevés de cette solution.

ARNOLD, HANSEMAN, SCHOTTLËNDER, CORNIL, DENYS, etc. (VI, 1, 10, 11, 25, 67) ont souvent observé des figures de division nucléaire à trois, quatre et plusieurs pôles (triasster, tétrasster, polyaster, mitoses pluripolaires) dans des tissus pathologiques et spécialement dans des tumeurs malignes telles que les carcinomes. Ces figures ressemblent d'une façon étonnante à celles que nous montrent les figures 129 à 131 et que nous avons obtenues dans des œufs, par la voie expérimentale. Il est probable que la cause de ces figures anormales doit être aussi recherchée dans des excitants chimiques. Ainsi SCHOTTLËNDER (VI, 67) a pu provoquer la formation de divisions nucléaires pathologiques dans l'endothélium de la membrane de Descemet, en cautérisant la cornée de la grenouille avec une solution concentrée de chlorure de zinc, et en produisant ainsi une inflammation. Bien remarquables sont les variations que l'on constate en ce qui concerne le nombre des segments nucléaires des différents fuseaux. En effet, tandis que certains fuseaux possèdent douze segments nucléaires, d'autres n'en ont que six ou même trois seulement, d'après les observations de SCHOTTLËNDER. Le même fait a été observé dans les œufs d'Échinodermes.

Il est probable, d'ailleurs, que d'autres causes encore peuvent déterminer la formation des figures de division pluripolaires. Une cause fréquente,