

qui imprime au fragment d'Infusoire un court mouvement en arrière ; puis il rentre au repos et ainsi de suite.

De même que les cils et les cirres, de même les vacuoles contractiles des Protistes ne sont pas soumises à l'influence du noyau. On peut, en effet, voir dans des fragments sans noyau les vacuoles se contracter rythmiquement pendant une journée entière (VERWORN).

En ce qui concerne la digestion, il existe une différence importante entre les fragments sans noyau et les fragments nucléés. Tandis que les petits organismes mangés par les fragments nucléés sont digérés normalement, dans les fragments sans noyau la digestion est plus lente et moins intense. On pourrait en conclure que le protoplasme n'est capable de former les sucs digestifs qu'avec la coopération du noyau (HOFER, VERWORN).

Qu'il existe encore des contradictions entre les diverses observations et expériences que nous venons de signaler dans ce chapitre, c'est ce qui ne doit pas étonner si l'on songe à la difficulté des problèmes à résoudre.

## BIBLIOGRAPHIE VIII

- 1 BALBIANI. *Recherches expérimentales sur la mérotomie des Infusoires ciliés. Prem. part. Recueil. Zool. Suisse*, 1889.
- 2 BOVERI. *Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. Gesellsch. f. Morphol. u. Physiol. zu München*, 1889.
- 3a GRUBER. *Ueber die Einflusslosigkeit des Kerns auf die Bewegung, die Ernährung u. das Wachstum einzelliger Thiere. Biolog. Centralblatt*. Bd. III.
- 3b GRUBER. *Ueber künstliche Theilung bei Infusorien. Biolog. Centralbl.* Bd. IV et V.
- 4 HABERLANDT. *Ueber die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkerns bei den Pflanzen. Jena*, 1887.
- 5a OSCAR et RICHARD HERTWIG. *Ueber den Befruchtungs- u. Theilungsvorgang des thierischen Eies unter dem Einfluss äusserer Agentien. Jena*, 1887.
- 5b OSCAR et RICHARD HERTWIG. *Die Actinien, anatomisch und histologisch mit besonderer Berücksichtigung des Nervenmuskelsystems untersucht. Jena*, 1879.
- 6 HOFER. *Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss des Kerns auf das Protoplasma. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft*. Bd. XXIV.
- 7 KLEBS. *Ueber den Einfluss des Kerns in der Zelle. Biolog. Centralbl.* Bd. VIII, 1887.
- 8 KORSCHOLT. *Beiträge zur Morphologie u. Physiologie des Zellkerns. Zool. Jahrbücher. Abth. f. Anatomie*. Bd. IV, 1889.
- 9 NUSSBAUM. *Ueber die Theilbarkeit der lebendigen Materie. Archiv f. mikroskop. Anatomie*. Bd. XXVI, 1886.
- 10 VERWORN. *Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. Archiv f. d. ges. Physiologie*. Bd. LI, 1891.

## CHAPITRE IX

## LA CELLULE EN TANT QU'ÉBAUCHE D'UN ORGANISME

## THÉORIES DE L'HÉRÉDITÉ

La cellule est un corps très complexe, composé de nombreuses particules différentes et très petites : elle constitue donc, jusqu'à un certain point, un petit organisme élémentaire. C'est la conclusion que nous sommes en droit de tirer de ce fait qu'elle est capable d'exécuter des mouvements et de réagir d'une façon régulière sur les agents extérieurs les plus divers, thermiques, optiques, chimiques ou mécaniques ; qu'elle est capable, en outre, d'accomplir des phénomènes chimiques compliqués et de former de nombreuses substances possédant une structure spéciale.

Mais cette idée s'impose bien plus encore lorsque nous voyons qu'en s'unissant, la cellule-œuf et la cellule spermatique constituent l'origine du développement d'un organisme, qui reproduit les caractères des parents qui l'ont engendré et même souvent leurs moindres traits individuels. Nous devons en conclure que dans la cellule-œuf et dans la cellule spermatique doivent se trouver toutes les conditions nécessaires à l'édification du produit final du développement. Sans doute, ces conditions échappent à notre perception ; mais que leur nature est loin d'être simple, c'est ce que prouve déjà la complexité extraordinaire qu'atteint le produit final du développement chez les organismes supérieurs.

*Les cellules sexuelles doivent donc posséder des propriétés et des caractères nombreux, qui nous sont cachés, mais dont l'existence rend possible la formation du produit final. Ces caractères cachés ou latents, qui se manifestent progressivement dans le cours du développement, on les appelle tendances (Anlagen). L'organisme développé est, jusqu'à un certain point, préformé ou potentiellement contenu dans l'ensemble des tendances.*

A un certain stade de leur développement, tous les organismes se ressemblent d'une façon extraordinaire : ils sont tous une simple cellule. L'œuf de l'Homme, l'œuf d'un Rongeur, l'œuf d'un Ruminant, même l'œuf

d'une foule d'Invertébrés ne diffèrent pas essentiellement les uns des autres. Leurs différences sont beaucoup plus minimes que les différences qui existent entre l'œuf et le spermatozoïde d'un seul et même organisme.

Mais ces analogies et ces différences de forme ont peu d'importance si nous examinons le fond des choses. En effet, de même qu'un Homme, un Rongeur, un Ruminant et un Invertébré offrent dans leur organisation des différences extérieures plus ou moins profondes que nous pouvons percevoir, de même les cellules sexuelles que ces organismes engendrent doivent, en tant qu'elles représentent les ébauches d'organismes futurs, différer les unes des autres par la nature de leurs tendances, dans la même mesure que ces organismes eux-mêmes ; seulement leurs caractères distinctifs échappent à notre perception. D'un autre côté, la cellule-œuf et la cellule spermatique d'un même organisme, qui extérieurement sont si dissemblables, doivent ne différer que bien peu dans leurs caractères essentiels qui qualifient l'ébauche de l'organisme complètement développé.

NAEGELI (IX, 20) fait, à ce propos, la remarque suivante : « Les cellules-œufs renferment tous les caractères essentiels aussi bien que l'organisme complètement développé ; elles ne diffèrent pas moins les unes des autres que les organismes adultes eux-mêmes. Dans l'œuf de la Poule, l'espèce est aussi complètement contenue que dans la Poule même, et l'œuf de la Poule ne diffère pas moins de l'œuf de la Grenouille que la Poule ne diffère de la Grenouille. »

Ce qui est vrai pour les œufs n'est pas moins vrai pour toute cellule ou pour tout complexe cellulaire qui se détache de l'organisme maternel à l'état de spore ou de bourgeon et qui est à même de réengendrer un organisme semblable à l'organisme maternel. L'œuf, la spore, le bourgeon doivent contenir tous les caractères essentiels du tout, à l'état d'ébauches ou de tendances qui échappent à notre perception.

Quelle idée pouvons-nous, pour le moment, nous faire de ces caractères invisibles des cellules, qui sont la cause de la formation d'un organisme complet ? Quelle relation existe-t-il entre l'ébauche et l'organisme complètement développé ?

Pour répondre à ces questions, nous nous trouvons en présence des problèmes les plus difficiles que nous offre l'étude de la vie. Les naturalistes et les penseurs s'en sont de tout temps préoccupés et ont réuni les résultats de leurs réflexions dans des théories qu'ont successivement modifiées les progrès de l'observation pure. Indiquer brièvement les plus importantes d'entre elles non seulement sera intéressant au point de vue général, mais constituera une introduction nécessaire à l'exposé des idées auxquelles conduisent nos connaissances actuelles.

### I. — Historique des anciennes théories du développement

Jusqu'au début de notre siècle deux importantes théories, en contradiction l'une avec l'autre, ont trouvé dans la science des défenseurs énergiques : la *théorie de la préformation* ou de l'évolution et la *théorie de l'épigénèse*.

La *théorie de la préformation* a été défendue par des hommes de génie du XVII<sup>e</sup> et du XVIII<sup>e</sup> siècle, par SWAMMERDAM, MALPIGHI et LEUWENHOEK, par HALLER, BONNET (IX, 3) et SPALLANZANI (voir HIS, IX, 14). Ces savants étaient d'avis que les germes étaient identiques, dans leur structure, aux organismes adultes : ils devaient posséder, dès leur origine, les mêmes organes occupant la même position et présentant les mêmes rapports que chez l'adulte, à cette seule différence près, qu'ils étaient beaucoup plus petits. Or, comme les lentilles grossissantes ne permettaient pas de constater *de visu* dans l'œuf, au début de son développement, les organes que l'on supposait y exister, on admettait par hypothèse que les différents organes, tels que le système nerveux, les glandes, les os, etc., non seulement s'y trouvaient très réduits de taille, mais devaient en outre être invisibles.

Pour faire comprendre cette manière de voir, on prenait comme exemple explicatif la formation du Papillon aux dépens de la chrysalide ou la formation d'une fleur aux dépens de son bourgeon.

De même, disait-on, que dans un tout jeune bourgeon toutes les parties de la fleur, les étamines, les pièces de la corolle, etc., sont cachées par les feuilles vertes encore soudées, qu'elles s'accroissent à l'intérieur du bourgeon sans se montrer, pour s'épanouir ensuite subitement et s'étaler ; de même les divers organes, d'abord petits et invisibles, qui existent dans l'œuf, s'accroissent progressivement pour finir par apparaître manifestement aux yeux de tous.

L'ancien nom de *théorie de l'évolution* ou du *déploiement* qu'on donnait à cette théorie a été remplacé plus récemment par l'expression plus claire et plus correcte de *théorie de la préformation*. En effet, l'essence de cette théorie, c'est qu'il ne se forme rien de nouveau à aucun moment du développement ; mais plutôt que tout organe existe préformé dans le germe, dès le début. « Rien de nouveau ne se forme. Es giebt kein Werden, » disait HALLER dans ses *Éléments de physiologie*. « Aucune partie du corps ne se développe avant les autres, ajoutait-il, toutes sont créées simultanément. »

Une lutte des plus vives s'engagea entre les adeptes de la théorie de la préformation et ceux de la *théorie de l'épigénèse*, qui trouva pour défenseur

GASPAR FRIEDRICH WOLFF (IX, 36), vers le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Dans sa célèbre dissertation doctorale *Theoria generationis*, soutenue en 1739 et éditée en Allemagne en 1764, WOLFF opposa au dogme de la préformation ce principe scientifique que ce que nos sens ne nous permettent pas de percevoir dans le germe ne s'y trouve pas préformé. Pour lui, le germe n'est au début qu'une substance inorganisée, sécrétée par les organes génitaux des parents; ce n'est qu'à la suite de la fécondation que cette substance s'organise dans le cours du développement.

Pour WOLFF, les différents organes du corps se différencient les uns à la suite des autres, aux dépens de la *substance germinative indifférente* au début. Ce processus de différenciation, il chercha à l'établir par l'observation. Il montra comment les différents organes de la plante se séparent progressivement de la substance germinative et subissent ensuite des métamorphoses dans leur forme. Il montra que le canal digestif du poulet se développe aux dépens d'une ébauche lamellaire.

En substituant aux idées préconçues l'observation et la perfection de nos sens, WOLFF a posé la pierre angulaire de ce magnifique édifice qu'est devenue progressivement l'embryologie, au XIX<sup>e</sup> siècle, grâce à l'observation pure.

Si maintenant nous comparons ces deux théories en les scrutant, elles ne nous satisfont ni l'une ni l'autre : toutes deux ont leur point faible.

En ce qui concerne d'abord la théorie de la préformation, son point faible consiste en ce que chez les organismes supérieurs chaque individu se développe, grâce au concours de deux procréateurs de sexes différents. Lorsqu'en 1677 LEUWENKHOEK eut découvert les spermatozoïdes, aussitôt une discussion ardente s'éleva sur la question de savoir *si c'était l'œuf ou bien le spermatozoïde qui constituait le germe préformé*.

La lutte entre les *ovistes* et les *animalculistes* dura un siècle. Tandis que les ovistes, SPALLANZANI, par exemple, considéraient l'œuf non fécondé de la Grenouille comme une Grenouille en miniature et qu'ils voyaient dans le sperme un simple excitant de l'activité de la vie et de l'accroissement, les animalculistes prétendaient qu'en examinant à l'aide de grossissements convenables les spermatozoïdes de l'homme on y distinguait en fait une tête, des bras et des os. Pour eux, l'œuf n'était qu'un milieu nutritif approprié, nécessaire à l'accroissement du spermatozoïde.

Mais la théorie de la préformation devait conduire, en outre, à des conséquences très sérieuses. L'une d'elles, que HALLER et SPALLANZANI eux-mêmes ne pensaient pas pouvoir éluder, *c'est qu'un germe quelconque devait nécessairement renfermer les germes de tous ses descendants*. Ce principe est la conséquence fatale de ce fait que les générations d'animaux dérivent les unes des autres en une série continue. *La théorie de la préfor-*

*mation devait donc engendrer tout naturellement la théorie de l'emboîtement des germes* ou, comme s'exprimait BLUMENBACH (IX, 2), d'une façon plaisante, la théorie des « germes emmaillotés ». On poussa même le zèle jusqu'à calculer combien l'ovaire de notre mère Eve avait dû contenir de germes humains et on l'estima à 200,000 millions au moins (*Éléments de physiologie* de HALLER).

D'autre part, la théorie de l'épigenèse, telle qu'on la concevait au début, se heurtait à de grands obstacles. En effet, comment admettre que la nature puisse, à l'aide des forces que nous connaissons, transformer en quelques jours ou en quelques semaines une matière inorganisée en un organisme animal semblable à ses procréateurs ? Aucune théorie admettant que l'organisme est une nouvelle création complète ne peut nous fournir à ce sujet une explication admissible ou satisfaisante.

BLUMENBACH (XI, 2) recourut à un *nisus formativus*, à une *impulsion formatrice*, qui poussait les sucS générateurs paternels et maternels inorganisés à prendre une forme déterminée et veillait, en outre, à réparer les mutilations possibles. Mais cette impulsion formatrice n'était qu'un mot creux pour désigner une chose inconnue.

*C'est à la théorie cellulaire et aux perfectionnements progressifs qui y furent apportés dès le milieu de notre siècle jusqu'à ce jour, que revient le mérite d'avoir fourni de nouvelles bases sur lesquelles on put fonder des théories de la génération et de l'hérédité plus perfectionnées*. Voici quelles sont ces bases, quels sont ces principes. La première, c'est que l'œuf et le spermatozoïde sont de simples cellules qui se séparent de l'organisme dans le but de la reproduction, et que les organismes complètement développés ne sont eux-mêmes que des associations bien ordonnées de cellules extrêmement nombreuses, adaptées à des rôles différents et provenant de la division maintes fois répétée de l'œuf fécondé. Un deuxième principe, qui s'est progressivement de mieux en mieux établi, c'est que la cellule est un élément extraordinairement complexe, qui constitue lui-même un organisme élémentaire. A ces deux principes il faut ajouter, en troisième lieu, la connaissance plus approfondie que nous avons acquise du processus de la fécondation, de la structure du noyau et de la division nucléaire et, particulièrement, la division longitudinale et la répartition des segments nucléaires; la découverte du fusionnement du noyau ovulaire et du noyau spermatique, de l'équivalence des masses nucléaires mâle et femelle dans la fécondation et de leur répartition sur les cellules filles; la connaissance des phénomènes complexes de la maturation de l'œuf et du spermatozoïde et de la réduction de la substance nucléaire qui en résulte.