

plasme n'en modifierait pas la qualité. Mais on comprend aisément que cette augmentation ne peut être indéfinie. Aussi NÆGELI et surtout WEISMANN ont fait ressortir cette difficulté et ont cherché une explication.

« Si à chaque génération par fécondation, dit NÆGELI, le volume de l'idioplasme, quelle que soit sa structure, doublait, les corps idioplasmiques, après un petit nombre de générations, seraient tellement accrûs qu'il n'y aurait plus de place, même pour un seul d'entre eux, dans un spermatozoïde. Il est donc nécessaire que, dans la reproduction digène, l'union des corps idioplasmiques des parents s'effectue sans déterminer une augmentation durable de ces systèmes matériels, correspondant aux quantités unies. » NÆGELI cherche à aplanir cette difficulté en admettant que l'idioplasme consiste en des cordons qui se fusionnent de telle sorte que le produit du fusionnement aurait la même épaisseur que le filament simple, tandis que sa longueur seule augmenterait (IX, 20, p. 244).

WEISMANN (IX, 32 à 34) s'est spécialement occupé de ce problème : il a cherché à établir que l'augmentation de la substance héréditaire est empêchée par un processus, qui réduit cette substance de moitié avant chaque fécondation. WEISMANN considère cette nécessité théorique d'une réduction de la substance héréditaire à chaque génération comme tellement absolue « qu'en admettant que les faits connus n'en démontreraient pas la réalité, il faudrait rechercher les phénomènes qui la déterminent ».

WEISMANN est arrivé à cette conclusion par des considérations sur la nature de l'idioplasme qui ne concordent pas avec celles que nous avons développées ici. Ces considérations, il les a réunies dans sa *théorie des plasmas ancestraux*, dont j'indiquerai plus loin les points essentiels.

Les recherches sur la fécondation et la division nucléaire conduisent, d'une part, à cette conclusion logique du fusionnement de deux substances héréditaires et de leur répartition sur les cellules ; elles conduisent, d'autre part, à cette conclusion que l'un de ces processus empêche une augmentation de la substance nucléaire, et l'autre, une augmentation de la substance héréditaire. La concordance que l'on constate entre ces deux processus rend très vraisemblable cette idée que la substance nucléaire est réellement cette substance héréditaire cherchée, d'autant plus que les phénomènes qui accompagnent le fusionnement nucléaire sont absolument conformes aux exigences théoriques reconnues nécessaires.

Pour empêcher que le produit du fusionnement de deux éléments égaux ne soit pas plus considérable que l'un de ces deux éléments, deux voies seulement peuvent être suivies. Ou bien il faut qu'au préalable chacun des deux éléments destinés à se fusionner se divise en deux moitiés égales, ou bien il faut que le produit du fusionnement se divise ensuite en deux

moitiés égales. La nature semble s'être servie de ces deux procédés dans le processus de la fécondation.

L'un de ces procédés se trouve employé chez les plantes phanérogames et chez les animaux. En effet, lors de la maturation des produits sexuels mâles et femelles, grâce à la division de réduction (p. 221), la masse nucléaire de l'ovulomère et celle de la spermatomère se répartissent sur quatre cellules petites-filles, qui ne renferment chacune que la moitié de la masse nucléaire et la moitié du nombre des segments nucléaires d'une cellule ordinaire.

L'autre procédé est employé, selon moi, dans la fécondation de *Closterium*. Ici, d'après les études de KLEBAHN (VII, 27) le noyau conjugué, résultant du fusionnement de deux noyaux, se divise deux fois de suite sans phase de repos intermédiaire, comme lors de la formation des cellules polaires. Des quatre noyaux vésiculeux ainsi formés deux s'atrophient. Il en résulte que chaque cellule provenant de la division en deux de la première cellule mère (zygote) ne contient qu'un seul noyau qui, au lieu de posséder la moitié de la substance du noyau conjugué, comme cela a lieu dans la division normale, n'en possède que le quart. (Voir la description et les figures, p. 262).

Si, conformément à notre hypothèse, la substance nucléaire et la substance héréditaire sont une seule et même chose, on doit nécessairement conclure du processus de la division de réduction que la substance héréditaire peut dans une certaine limite se diviser sans perdre la propriété de régénérer le tout. Il s'agit d'examiner jusqu'à quel point cette idée peut se justifier.

WEISMANN et moi, tout en admettant l'un et l'autre la nécessité d'une réduction de masse, sommes arrivés à des manières de voir très différentes.

Dans sa théorie des plasmas ancestraux, WEISMANN part de cette hypothèse que dans la substance héréditaire les parties paternelles et maternelles restent séparées et constituent des unités, qu'il appelle plasmas ancestraux. Selon WEISMANN, les plasmas ancestraux ont une structure très compliquée et se composent d'unités biologiques extraordinairement nombreuses. A chaque fécondation nouvelle se réunissent des plasmas ancestraux de plus en plus nombreux. Si nous partons de l'origine même du phénomène de la fécondation, nous devons conclure qu'à la dixième génération sexuelle il intervenait déjà 1,024 plasmas ancestraux dans la composition de la substance héréditaire. Toutefois la masse totale de cette dernière ne double pas à chaque fécondation et WEISMANN admet qu'au début de chaque fécondation les plasmas ancestraux, divisibles, se rapetissent de moitié avant d'être transmis à la génération suivante. « Mais, ajoute-t-il, il y a nécessairement une limite à ce rapetissement des plasmas

ancestraux ; cette limite est atteinte lorsque la quantité de matière nécessaire pour pouvoir contenir en soi toutes les tendances ou ébauches de l'individu a atteint son minimum. »

A partir de ce moment, qui d'ailleurs serait atteint en peu de jours chez les organismes inférieurs qui se multiplient rapidement, toute nouvelle fécondation devrait, en raison même de l'impossibilité pour les plasmas ancestraux de continuer à se rapetisser, déterminer une augmentation de la substance héréditaire, s'il n'intervenait un nouveau phénomène, une nouvelle disposition. Ce phénomène consiste, d'après WEISMANN, en ce que, lors de la maturation des produits sexuels, avant la fécondation, la moitié des plasmas ancestraux est expulsée de la substance héréditaire (formation des cellules polaires). Au lieu d'une *divisibilité des différents plasmas ancestraux* il s'accomplit, à partir du moment où les unités, ne sont plus divisibles, une *divisibilité du nombre des plasmas ancestraux*.

D'après les hypothèses de WEISMANN, la substance héréditaire constitue donc une mosaïque très complexe, composée d'innombrables unités, les plasmas ancestraux, indivisibles par leur nature et incapables de se fusionner les unes avec les autres. Chacune de ces unités se compose, à son tour, des nombreuses tendances ou ébauches, qui sont nécessaires pour l'édification d'un individu complet.

Il en résulte que, conformément à sa composition, toute substance héréditaire engendrerait d'innombrables individus si chaque plasma ancestral pouvait devenir actif. L'essence du phénomène de la fécondation se ramène à une combinaison et à une élimination de plasmas ancestraux. Une autre conséquence de la théorie de WEISMANN, c'est l'accumulation de tendances équivalentes dans la substance héréditaire. En effet, les individus d'une même espèce capables de procréer ont essentiellement les mêmes caractères, abstraction faite d'un petit nombre de nuances individuelles. Tous les plasmas ancestraux doivent donc renfermer essentiellement les mêmes tendances. Ces tendances sont représentées dans la substance héréditaire autant de fois que cette substance renferme de plasmas ancestraux. La plupart de ces tendances sont équivalentes ; un petit nombre d'entre elles offrent cependant telle ou telle nuance. Toutes ces tendances héréditaires équivalentes ou nuancées ne seraient cependant pas en relation directe les unes avec les autres, attendu qu'en raison de l'indivisibilité admise des plasmas ancestraux elles doivent rester des parties intégrantes de ces derniers.

La théorie de WEISMANN, loin de simplifier la question de l'hérédité, la complique et cela uniquement parce qu'elle admet hypothétiquement que les substances héréditaires paternelle et maternelle sont incapables de se fusionner.

Je considère comme un mérite de la théorie de WEISMANN d'avoir montré précisément à quelles difficultés conduit cette hypothèse, qui me semble d'ailleurs absolument superflue. Ni NAEGELI ni DE VRIES ne l'admettent ; ils supposent, au contraire, que les unités contenues dans les substances héréditaires peuvent se mélanger, se fusionner. Pour ma part, je ne puis me représenter le processus de la transmission des caractères héréditaires qu'en admettant que *les idioblastes d'origine paternelle et ceux d'origine maternelle ne se maintiennent pas comme parties de deux tendances distinctes, mais qu'ils s'unissent d'une façon quelconque en une tendance mixte*.

Comment alors, dans cette hypothèse, l'augmentation de la substance héréditaire, augmentation stipulée par l'acte de la reproduction sexuelle, est-elle empêchée ? Je pense qu'il ne s'élève pas la moindre difficulté à ce sujet, si nous admettons *la divisibilité de la substance héréditaire tout entière*. Cette hypothèse, WEISMANN l'admet aussi pour les débuts, les origines de la reproduction sexuelle, attendu que, s'il ne l'admettait pas, il ne pourrait se produire d'augmentation du nombre des plasmas ancestraux, sans qu'il se produisît en même temps une augmentation de la substance héréditaire.

Mais la substance héréditaire ne peut être divisible sans changer son essence qu'à la condition que les différents idioblastes qu'elle renferme y existent en nombre multiple. Les enfants étant alors le produit de deux ensembles à peu près équivalents de tendances héréditaires des parents, les différents idioblastes équivalents que contient l'ébauche de l'enfant doivent s'y trouver représentés au moins deux fois. Rien ne s'oppose même à admettre que, dans la substance héréditaire, les différents idioblastes équivalents, au lieu d'être doubles, sont quadruples ou, d'une façon générale, multiples. On comprend alors qu'il puisse s'effectuer une réduction de la masse de l'idioplasme, sans que la nature de ce dernier se modifie. Cette réduction, que l'on observe lors de la maturation des produits sexuels, peut ainsi s'expliquer sans faire intervenir d'hypothèses plus compliquées.

Les faits d'atavisme peuvent aussi s'expliquer sans qu'il soit nécessaire d'admettre les plasmas ancestraux ; nous verrons, en effet, que certaines tendances peuvent rester à l'état latent.

4° Le protoplasme est isotrope

On a souvent été tenté de considérer l'œuf comme étant constitué, dans son ensemble, par des particules extrêmement petites présentant dans l'espace la même disposition que les organes de l'animal adulte, dont elles

représenteraient les ébauches. Cette idée a surtout été clairement formulée par His, en ce qui concerne l'œuf de la Poule, dans son *principe de la région organogène du germe* (Princip der organbildenden Keimbezirke). D'après ce principe, « tout point de la zone embryonnaire du disque germinatif doit correspondre à un organe ou à une partie d'organe futur, et, d'autre part, tout organe qui se forme aux dépens du disque germinatif doit avoir son ébauche préformée en un point, géométriquement déterminable, du disque germinatif plan. La matière destinée à former cette ébauche existe déjà dans le disque germinatif plan; mais elle n'est pas morphologiquement différenciée, ce qui fait qu'on ne peut la distinguer comme telle. Si nous examinons les différentes formes successives sous lesquelles se présente un organe dans le cours de son développement et que nous remontions en sens inverse, c'est-à-dire du stade le plus avancé vers le stade le plus reculé, nous arrivons à une période où l'organe n'est pas différencié morphologiquement: or, pour être conséquents avec nous-mêmes, nous devons admettre que là où il se différencie pour la première fois dans le disque germinatif, il existe, en fait, à l'état d'ébauche. Ce point, nous pouvons le déterminer aussi dans l'œuf fécondé et même dans l'œuf non fécondé. »

Il est à peine besoin de faire ressortir combien ce principe de la région organogène du germe est en opposition avec la théorie de l'hérédité que nous venons d'exposer. Disons tout d'abord qu'il exclut toute intervention efficace des tendances paternelles dans la formation de l'organisation de l'embryon. Cette conséquence à elle seule suffirait pour qu'on ne puisse l'admettre. Mais il se réfute même directement par les résultats d'expériences diverses, qui démontrent l'*isotropie de l'œuf*, pour employer l'expression de PFLÜGER.

Par isotropie de l'œuf, PFLÜGER (VII, 50) désigne ce fait que le contenu de l'œuf ne présente pas une disposition fixe telle que l'on puisse ramener les différents organes de l'embryon à telle ou telle partie de l'œuf. C'est ce que prouvent des expériences sur les œufs de la Grenouille. Comme ces œufs sont formés d'un hémisphère animal, pigmenté de noir, et d'un hémisphère végétatif, plus dense et clair, ils prennent immédiatement après la fécondation une position d'équilibre déterminée dans l'eau: l'hémisphère noir se trouve toujours vers le haut, de telle sorte que l'axe de l'œuf, qui unit le pôle animal au pôle végétatif, se place verticalement. L'expérimentateur peut placer des œufs qui viennent d'être fécondés dans une position forcée, c'est-à-dire qu'il peut les empêcher de tourner à l'intérieur de la membrane vitelline et de se placer conformément aux lois de la pesanteur. Il peut, par exemple, forcer l'œuf à prendre une position telle que l'axe de l'œuf, au lieu de se placer verticalement, se dispose horizontalement.

Dans ce cas, lorsque la première segmentation commence, le premier plan de segmentation, en dépit de la position de l'œuf, est vertical, son lieu de formation dépendant de la situation du fuseau nucléaire, ainsi que nous l'avons vu page 207. Or le noyau et la portion plus légère du contenu de l'œuf subissent dans l'œuf mis en position forcée des déplacements, que BORN (IX, 37) a minutieusement décrits et qui ont pour conséquence d'amener le premier plan de segmentation dans une position verticale. Le premier plan de segmentation peut alors couper l'axe de l'œuf suivant tel ou tel angle. C'est ainsi que PFLÜGER a vu très souvent que le premier plan de segmentation divisait l'œuf en un blastomère noir et en un blastomère clair. Il est donc manifeste que, dans ce cas, chacun des deux blastomères présentait une composition matérielle toute différente de celle qu'il présente dans la segmentation normale. Néanmoins un tel œuf donne naissance à un embryon normal et, au moment où la corde dorsale et la moelle épinière sont déjà formées, on distingue encore qu'une moitié du corps est plus pigmentée de noir que l'autre. Or, selon que le premier plan de segmentation prend l'une ou l'autre position, les différents organes doivent se former aux dépens de portions différentes du contenu de l'œuf.

D'autres preuves de l'isotropie de l'œuf nous sont fournies par les expériences de RICHARD et d'OSCAR HERTWIG (VI, 38), de BOVERI (IX, 4), de DRIESCH (IX, 7) et de CHABRY (IX, 5).

R. HERTWIG et moi, nous avons constaté que les œufs des Échinodermes se laissent fragmenter en petits morceaux quand on les soumet à des secousses brusques et énergiques. Ces fragments s'arrondissent et peuvent être fécondés par du sperme. BOVERI a pu obtenir, à l'aide de semblables fragments fécondés, des larves pigmées.

DRIESCH est parvenu, par cette méthode des secousses brusques, à séparer l'un de l'autre les deux premiers blastomères d'œufs d'Échinodermes normalement segmentés en deux. En les isolant, il a pu constater qu'aux dépens de chacun de ces blastomères se développent une blastula et une gastrula normales, mais un peu plus petites que d'habitude, et même, dans certains cas, il a obtenu une larve pluteus.

CHABRY est arrivé à un résultat semblable, en détruisant par piqûre, dans des œufs segmentés d'Ascidiens, soit l'un des deux premiers blastomères de l'œuf segmenté en deux, soit l'un des quatre blastomères de l'œuf segmenté en quatre. Dans une foule de cas, il est parvenu à obtenir, à l'aide d'œufs ainsi mutilés, des larves complètement normales qui n'étaient dépourvues que d'organes peu importants, tels qu'un otolithe ou une papille adhésive.

Toutes ces expériences démontrent cette loi fondamentale que *le noyau de cellule inclus dans un fragment quelconque du vitellus de l'œuf est encore*

capable de déterminer la formation d'un organisme complet. L'isotropie de l'œuf est contraire au principe de la région organogène du germe. Elle est, en outre, une nouvelle preuve en faveur de cette idée que l'idioplasme ne réside pas dans le protoplasme, mais dans le noyau. En même temps elle nous permet de déduire certaines conclusions concernant la structure du protoplasme et de la substance nucléaire.

Le protoplasme doit être formé de particules ou micelles plus semblables et plus lâchement unies les unes aux autres. En effet, les expériences relatées page 309 démontrent que des fragments d'une cellule, pourvus d'un noyau suffisent pour régénérer une cellule normale. En second lieu, des circonstances extérieures peuvent amener le premier plan de segmentation à diviser en deux parties égales le contenu de l'œuf dans les directions les plus variables, sans que pour cela le produit du développement présente rien d'anormal. En troisième lieu, dans les œufs de la Grenouille maintenus dans une position forcée, il se produit, sous l'influence de la pesanteur, des déplacements considérables des substances de l'œuf, sans que pour cela le développement soit troublé. En quatrième lieu, le phénomène de la circulation du protoplasme nous permet de conclure que les micelles sont lâchement unies les unes aux autres; pendant ce phénomène, en effet, les groupes de micelles doivent glisser les uns sur les autres en tous sens et sans ordre apparent. Par contre, la complexité de tout le phénomène de la segmentation nucléaire tend à prouver que la disposition de la substance nucléaire est plus stable.

NAEGELI a admis une distinction semblable entre son plasma de nutrition et son idioplasme. « Si la disposition des micelles, dit-il (p. 27, 41), détermine les caractères spécifiques de l'idioplasme, ce dernier doit constituer une substance assez stable, dans laquelle les micelles ne subissent aucun déplacement sous l'action des forces qui agissent dans l'organisme vivant, et dans laquelle la cohésion des micelles est assurée grâce à la multiplication, par intercalation de nouvelles micelles entre les micelles existantes. Le protoplasme ordinaire est, au contraire, un mélange de plasma liquide et de plasma solide, ces deux modifications se transformant facilement l'une en l'autre; les micelles ou groupements de micelles du plasma solide se déplacent avec la plus grande facilité, ainsi que le prouve la circulation du protoplasme. » NAEGELI considère donc comme « une hypothèse, qu'il n'est guère besoin de prouver, que l'idioplasme est répandu dans tout l'organisme, sous la forme d'un réseau continu ».

IV. — Développement des tendances

Si nous admettons qu'il existe dans la cellule une substance spéciale ou idioplasme, il nous reste à rechercher de quelle façon les différents idioblastes deviennent actifs et comment, en se développant, ils donnent à chaque cellule ses caractères spécifiques.

On s'est imaginé que, dans le cours du développement de l'œuf, grâce à la division nucléaire, l'idioplasme se répartirait inégalement au point de vue qualitatif, de sorte que tels caractères se transmettraient à telles cellules et tels autres caractères à telles autres cellules; puis, plus tard, ces caractères ou tendances prendraient du développement, se déploieraient dans ces cellules. Dans cette manière de voir, le développement de l'organisme consisterait essentiellement à séparer progressivement les diverses tendances ou ébauches qui sont réunies dans l'idioplasme de l'œuf fécondé et à les répartir en leur lieu et en leur temps dans les divers éléments. Seules les cellules destinées à la reproduction future de l'organisme feraient exception et recevraient dans le cours du développement l'ensemble de toutes les tendances héréditaires. On admettrait donc un double mode de répartition de l'idioplasme: une répartition égale ou uniforme opérée par accroissement et division, et une répartition inégale opérée par décomposition en composantes d'inégale valeur.

Il n'est pas facile de se figurer comment pourrait s'accomplir en réalité un semblable processus. Cette hypothèse est, en outre, en contradiction avec les faits connus de la génération et de la régénération; avec ce fait que, chez les végétaux et chez les animaux inférieurs, à peu près tout amas cellulaire quelconque est capable de régénérer le tout; avec ce fait encore que des cellules peuvent changer de fonction, ainsi que nous l'apprend l'étude de la régénération des tissus.

Aussi je considère comme beaucoup plus exacte cette idée que j'ai maintes fois défendue (IX, 10 à 13) et qu'admettent aussi NAEGELI, DE VRIES, etc., à savoir qu'en général toute cellule d'un organisme reçoit de l'œuf fécondé toutes les tendances héréditaires qu'il contient et que sa nature spéciale est due uniquement à ce fait que, selon les circonstances, telles ou telles tendances, tels ou tels idioblastes entrent seuls en activité dans telle ou telle cellule, tandis que les autres tendances ou idioblastes qu'elle a reçus de l'œuf fécondé restent à l'état latent.

Mais de quelle façon certains idioblastes peuvent-ils devenir actifs et déterminer la nature spéciale d'une cellule? Deux hypothèses se présentent: l'une dynamique, l'autre matérielle. L'une a été développée par NAEGELI (IX, 20); l'autre, par DE VRIES (IX, 30).