

plus, à mesure qu'on s'élève du végétal aux animaux supérieurs et de ceux-ci à l'homme. (1) »

Cette définition est plus métaphysique que médicale; elle explique la perpétuation des caractères spécifiques, elle ne comprend pas plus les phénomènes héréditaires d'ordre pathologique que ceux de l'ordre physiologique concernant les propriétés acquises par l'individu sous l'influence des milieux.

On peut dire plus brièvement et plus simplement que l'hérédité est la transmission à l'être procréé des caractères, attributs et propriétés de l'être ou des êtres procréateurs.

Ces caractères étant d'autant moins nombreux que les êtres sont d'une organisation plus simple, l'hérédité chez les êtres unicellulaires *paraît* être absolue, ou du moins les descendants nous semblent tellement semblables aux ascendants que nous ne pouvons distinguer les uns des autres. Au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'échelle des êtres, les dissemblances s'accusent entre les générateurs et leurs produits; nous constatons la transmission du plus grand nombre des caractères, surtout de ceux qui sont constitutifs de l'espèce, mais l'individualité s'accuse de plus en plus. Alors on peut dire que le descendant est à l'image des parents, mais jamais un portrait; car, chez les êtres qui se reproduisent par l'union de sexes différents, le produit subit une double influence héréditaire; chacun des procréateurs cède au produit commun une partie de ses caractères, en même temps qu'une partie de ses molécules matérielles.

Mais, si le microscope montre que l'ovule fécondé contient un nombre égal de particules transmises des segments chromatiques de chacun des deux générateurs, quand l'embryon s'est développé, nous constatons que l'être nouveau n'est pas un composé à parts égales des caractères physiques et des aptitudes fonctionnelles de ses parents. Il a pris le sexe d'un des générateurs et les attributs généraux de ce sexe, mais il peut avoir une quantité très variable des autres caractères et qualités de ses deux parents. L'hérédité chez les êtres sexués et particulièrement chez les êtres d'une organisation supérieure est un phénomène d'une extrême complexité, qui sans doute obéit à des lois fixes comme tous les phénomènes biologiques, mais dont le déterminisme nous échappe encore en grande partie. Cependant, quelques-unes de ses lois nous ont été révélées par les observations des naturalistes, des éleveurs et des médecins.

Certains auteurs restreignent l'étude des phénomènes de l'hérédité aux seuls êtres sexués.

L'hérédité biologique, dit le professeur de zootechnie André Sanson (2), est la transmission des ascendants aux descendants, par voie de génération sexuelle, des propriétés ou qualités naturelles ou acquises.

L'hérédité, suivant lui, ne s'applique pas aux êtres monocellulaires,

(1) RIBOT, L'hérédité psychologique. Paris, 1882, 2^e édit.

(2) SANSON, L'hérédité normale et pathologique. Paris, 1895.

asexués, qui se multiplient par scission, aux microbes, parce que, chez eux, c'est l'individu qui se continue dans chacun de ses fragments, comme la plante obtenue par bourgeon ou bouture. L'être nouveau est complet dès sa formation. Il ne lui reste qu'à grandir. Sanson n'admet donc l'hérédité que pour l'individu qui provient d'un ovule fécondé, animal ou végétal.

Cette restriction ne nous paraît pas fondée; car l'être nouveau, même unicellulaire, n'est qu'en apparence semblable à celui qui lui a donné naissance par scissiparité, par gemmation ou sporulation; si nos microscopes sont encore trop faibles, nos moyens d'investigation insuffisants pour nous permettre de saisir les dissemblances entre eux, celles-ci n'en doivent pas moins exister, puisque les effets produits par les générations successives de ces êtres en apparence semblables ne sont pas identiques, puisqu'elles ne se comportent pas de même vis-à-vis des milieux où elles vivent, puisque, par exemple, les microbes pathogènes peuvent en engendrer d'autres qui ont une virulence de plus en plus ou de moins en moins accentuée. L'étude de ces êtres très simples ne saurait être négligée au point de vue de la connaissance des lois de l'hérédité; car ils nous permettent d'en saisir déjà quelques-unes, par exemple la transmission des caractères acquis.

En regard de l'hérédité chez les êtres unicellulaires indépendants, il y a lieu d'envisager l'hérédité dans les cellules dont l'agrégation constitue les êtres vivants les plus élevés en organisation; car la transmission héréditaire des qualités cellulaires nous aide à comprendre certains phénomènes d'hérédité pathologique (formation des tumeurs, etc.).

Nous allons donc préliminairement à l'étude de l'hérédité pathologique par une esquisse rapide du mécanisme de l'hérédité cellulaire.

FÉCONDATION ET HÉRÉDITÉ. — MÉCANISME CELLULAIRE DE L'HÉRÉDITÉ

Pour se rendre compte de la transmission matérielle des qualités du générateur à l'engendré, il faut analyser l'acte de la fécondation dans sa simplicité élémentaire; le mécanisme de la reproduction d'une seule des cellules qui composent par leur agrégation le corps de tout être vivant nous donne la clef du mécanisme de l'hérédité dans tous les êtres.

Quand une cellule quelconque va se multiplier, le filament chromatique, qui existe dans son noyau et se compose de microsomes alignés, se segmente en un nombre, constant pour chaque espèce, de bâtonnets, dits *chromosomes*. Ceux-ci, recourbés en V ou en U, se groupent vers le milieu du noyau pour former la plaque équatoriale. En se fendant longitudinalement, ils donnent naissance à un nombre double d'hémichromosomes, qui constituent deux anneaux d'anses jumelles opposées par leur convexité de part et d'autre du plan équatorial. Cependant un globule incolore appar-

au voisinage du noyau, le centrosome, se divise en deux globules qui vont se placer aux deux pôles du noyau; ces deux centrosomes sont reliés l'un à l'autre par un fuseau de filaments incolores. Vers chacun d'eux chemine l'anneau équatorial correspondant pour donner naissance à une sorte d'étoile (amphiaster). En ce point, les chromosomes, se soudant bout à bout, reconstituent le filament d'un nouveau noyau, qu'entoure bientôt une membrane nucléaire. Ainsi se trouvent formés deux nouveaux noyaux, entre lesquels le protoplasma de la cellule se scinde pour donner naissance à deux nouvelles cellules filles. Or, pendant ce processus, chaque bâtonnet du noyau primitif s'étant divisé longitudinalement en deux autres bâtonnets qui se sont portés chacun vers un des centrosomes opposés, chacun des deux noyaux filles contient mathématiquement le même nombre de chromosomes que le noyau primitif, c'est-à-dire la moitié de la substance de celui-ci.

Les choses se passent de façon identique au moment de la reproduction des cellules sexuelles. Mais ici il faut envisager deux éléments : la cellule femelle et la cellule mâle, l'ovule et le spermatozoïde; chacun d'eux est incomplet et ne peut arriver à son entier développement que s'il se fusionne avec l'autre. Cette fusion, nécessaire à la reproduction des cellules sexuelles, c'est la fécondation.

En effet, l'ovule, quand il est mûr pour la fécondation, n'est plus une cellule complète; au cours du processus caryocinétique deux globules polaires se sont successivement détachés de son noyau, qui a subi ainsi une réduction de moitié dans le nombre de ses chromosomes. Ce qui reste du noyau porte, dans l'ovule devenu œuf, le nom de pronucléus femelle, et près de lui est apparu un centrosome (ovocentre). D'autre part, dans le spermatozoïde qui vient féconder l'œuf, la tête a la valeur d'un noyau, le col représente le centrosome. Quand le spermatozoïde a pénétré l'œuf, le col se détache et prend l'aspect d'un centrosome ordinaire (spermocentre), la tête grossit pour devenir le pronucléus mâle, dont le filament chromatique se segmente en un nombre de bâtonnets ou chromosomes exactement égal à celui des chromosomes de l'œuf.

Le pronucléus mâle et le pronucléus femelle, unis comme par une attraction réciproque, se conjuguent, sans se confondre, en un noyau unique, noyau de l'œuf, noyau embryonnaire, dans lequel les chromosomes mâles sont mêlés, mais non confondus, avec les chromosomes femelles. Chacun des deux centrosomes (ovocentre et spermocentre), qui sont placés aux pôles du noyau, se divise en deux moitiés (demi-ovocentre, demi-spermocentre) dont chacune, décrivant en sens inverse un quart de tour, va à la rencontre du demi-centre de l'autre sexe et s'unit avec lui; par suite les deux centrosomes nouveaux (astrocentres) qui résultent de ce chassé-croisé ou quadrille des centres (Fol) ⁽¹⁾ se composent chacun d'une moitié mâle et d'une moitié femelle. Ainsi, comme dit Ch. Debierre, dont la

(1) H. Fol, Recherches sur la fécondation. Genève, 1879.

description nous a servi de guide pour résumer ces phénomènes si difficiles à faire comprendre ⁽¹⁾, « le phénomène fondamental de la fécondation consiste en l'union de deux noyaux et deux demi-centrosomes, les uns mâles, les autres femelles, deux à deux, en un noyau et deux centrosomes hermaphrodites. L'œuf, en expulsant son deuxième globule polaire, rejette la moitié de ses chromosomes, il n'est plus un noyau parfait et se met dans l'impossibilité de continuer son évolution; la fécondation vient rétablir l'harmonie.

S'il n'avait pas expulsé ce deuxième globule, il aurait pu continuer son évolution sans avoir besoin du spermatozoïde; c'est ce qui se passe dans le cas de la parthénogenèse.

Le spermatozoïde est, lui aussi, une cellule incomplète, car la cellule mère ou spermatogonie, dont il est issu, a donné naissance à quatre spermatoocytes dont chacun deviendra un spermatozoïde; mais les deux bipartitions successives se sont produites comme dans l'ovule, sans que le noyau ait pu revenir au repos, de telle sorte que les spermatozoïdes contiennent constamment un nombre de chromosomes moitié moindre que les spermatogonies.

En somme, l'élément mâle et l'élément femelle ayant perdu au moment de leurs premières divisions chacun la moitié de leurs chromosomes et n'étant plus dès lors que des demi-cellules, incapables de continuer à se développer, la fécondation a pour but de réunir ces deux corps en une seule cellule complète et apte au développement.

A partir du moment où les pronucléi mâle et femelle se sont conjugués, le noyau de la cellule fécondée se comporte comme une cellule ordinaire en voie de division : formation de la plaque équatoriale, dédoublement des chromosomes en deux groupes qui se rendent en sens inverse vers les pôles du fuseau achromatique, et dont chacun comprend un nombre égal de demi-anses mâles et de demi-anses femelles, futurs chromosomes des noyaux des deux premières cellules embryonnaires. « Il en résulte que ces deux cellules ou blastomères, mères de toutes les autres, renferment dans leurs noyaux une quantité rigoureusement égale de chromatine paternelle et maternelle. La transmission à la première cellule de l'embryon, et par parties rigoureusement égales, des chromosomes et des centrosomes de l'ovule et du spermatozoïde, et le partage non moins rigoureux des parties transmises à chaque division nouvelle, transmettent, à travers la série des divisions cellulaires d'où dérive l'organisme tout entier, les substances du père et de la mère, et nous rendent absolument compte du phénomène matériel de l'hérédité. »

Suivant certains embryologistes (Sedgwick, Minot, Balfour, Sabatier), toutes les cellules des êtres vivants sont hermaphrodites; les cellules reproductrices n'acquerraient la polarité mâle ou femelle qu'en éliminant une partie de leur substance : dans l'œuf, la polarité femelle est saturée

(1) DEBIERRE, Pourquoi dans la nature y a-t-il des mâles et des femelles? *Semaine médicale*, 1894, p. 454.

par la quantité précisément nécessaire de substance mâle; il ne peut être fécondé qu'après s'être débarrassé de cette substance mâle; c'est à cette expulsion que correspond l'émission des globules polaires (Van Beneden). Debierre réfute cette théorie en faisant remarquer que « l'œuf ne rejette point ses *biophores* mâles, puisque la mère peut transmettre à ses enfants les caractères de son père à elle et de ses ascendants mâles en général ».

Les modes de reproduction sont équivalents au point de vue de l'hérédité. Au début de la vie des espèces, c'est-à-dire dans les espèces les plus simples, le mode de reproduction est *asexuel* ou agame: par coupure de l'individu (*scissiparité*); par bourgeonnement (*gemmaiparité*); par fragmentation du reproducteur en un certain nombre de spores (*sporulation*); par formation à l'intérieur du corps du générateur d'amas cellulaires (*gemmales*) qui, rejetés au dehors, constitueront de nouveaux êtres (*gemulation*).

Dans les espèces plus élevées, le mode de reproduction est sexuel et résulte de la conjugaison d'une cellule mâle et d'une cellule femelle; exceptionnellement l'ovule peut se convertir en embryon sans l'intervention du spermatozoïde (*parthénogenèse*) et l'œuf parthogénétique peut se passer d'être fécondé, parce que, n'expulsant qu'un globule polaire, son noyau reste un élément complet et qui renferme le même nombre de chromosomes qu'avant cette expulsion; la non-expulsion du deuxième globule polaire équivaut à une auto-fécondation.

La reproduction des protozoaires peut se faire par *autogenèse*, un individu donnant à lui seul naissance à un certain nombre de descendants. Mais, les produits devenant de plus en plus chétifs, la génération ne peut continuer que si de temps en temps deux individus s'accolent temporairement pour se rajeunir en échangeant une partie de leurs noyaux. Cette conjugaison des protozoaires amène un double effet: elle détermine le rajeunissement du corps conjugué et lui fournit l'aptitude à se multiplier, que n'avait point chacun des éléments primitifs; par l'union des protoplasmes, elle lui fournit une quantité suffisante de matière organisée pour permettre cette multiplication. La fécondation est un processus identique comme signification; mais ici l'ovule seul contient la matière organisée qui va servir à édifier le germe, le spermatozoïde ne jouant que le rôle de corps rajeunissant.

Chez les protozoaires les générations agames ou parthogénétiques alternent avec les générations sexuées; l'union de deux cellules provenant d'individus différents est destinée à rajeunir les éléments affaiblis et usés de l'organisme, à fournir l'impulsion nouvelle qui conserve la jeunesse et la vie à l'espèce.

Le dimorphisme sexuel avec réduction caryogamique représente le mode de reproduction des espèces les plus élevées; mais il ne diffère pas essentiellement des modes de reproduction les plus élémentaires. « Les premières formes vivantes qui ont apparu sur le globe ne connaissaient ni la vieillesse ni la caducité; elles avaient le pouvoir de se régénérer à

l'infini par division de leur corps, » comme le font encore les formes les plus simples qui vivent de nos jours. « Le perfectionnement de l'organisation, engendré par la division du travail physiologique, qui pousse sans cesse à la différenciation anatomique, amena la nécessité du rajeunissement. Ce rajeunissement ne s'effectuait d'abord qu'à de longs intervalles, la vitalité de l'individu ne s'affaiblissant qu'après une longue succession de générations agames. Au fur et à mesure que l'organisation se complète, il intervient plus fréquemment et les générations agames alternent avec les générations sexuelles. Enfin celles-ci deviennent indispensables. Mais on peut admettre, avec O. Hertwig⁽¹⁾, comme opinion démontrée que les cellules-œufs et les cellules spermatiques se sont formées par différenciation, suivant des directions opposées, de cellules reproductrices primitivement équivalentes et impossibles à distinguer les unes des autres. »

Quand la cellule-œuf a été fécondée par la cellule spermatique, elle transmet, en se segmentant, à tous les éléments qui proviennent d'elle, le « capital héréditaire », composé de « l'adaptation ancestrale accrue de l'adaptation individuelle récente ». La complexité de la masse héréditaire, des aptitudes héréditaires, vient non seulement des additions successives que reçoivent à chaque génération les plasmas germinatifs, mais aussi des soustractions qu'ils subissent lors de la réduction caryogamique, quand chacune des cellules génératrices expulse une partie de ses chromosomes. C'est pour cela que chaque individu « commence son évolution biologique avec un capital vital différent » (Herbert Spencer).

Les caractères de l'espèce (spécifiques) sont transmis sans altération par l'intermédiaire des plasmas ancestraux à travers des générations indéfinies. Ces êtres sortent les uns des autres comme s'ils avaient été formés dans le même moule et emboîtés les uns dans les autres: c'est le côté conservateur de l'hérédité.

Mais chaque individu lègue ou peut léguer à ses descendants des aptitudes, qualités secondaires qu'il a acquises pendant sa vie. Tantôt ces qualités particulières disparaissent après quelques générations, probablement parce que les particules matérielles qui en sont le substratum sont éliminées lors de la production caryogamique. Tantôt elles persistent et sont fixées par la sélection au même titre que les caractères spécifiques. C'est ainsi que s'accomplit la variation des espèces, dont la fécondation est l'agent le plus actif, puisqu'elle accroît les différences individuelles, en imposant au rejeton les qualités nouvelles et distinctes de ses deux parents.

La transmission héréditaire des propriétés individuelles, des caractères acquis, a été niée par plusieurs auteurs, qui n'ont voulu voir dans ces caractères prétendus nouveaux que la réapparition de caractères ancestraux, demeurés à l'état virtuel ou latent pendant quelques générations. On ne peut nier cependant la transmission de maladies acquises (tuberculose, syphilis), de caractères anatomiques acquis (sexdigitisme, bec-de-lièvre).

⁽¹⁾ O. HERTWIG, La cellule et les tissus. Traduit de l'allemand par Ch. Julin. Paris, 1894.