

les changements géologiques ont dû prendre pour s'accomplir un temps prodigieusement supérieur à celui dont nous possédons des souvenirs. Et, si l'on accorde quelque probabilité à cette conclusion, il faut alors le reconnaître : jamais les faits de la paléontologie ne suffiront à établir, non plus qu'à renverser, l'hypothèse du développement; tout ce qu'ils peuvent faire, c'est de montrer si les toutes dernières pages des annales de la vie sur la terre sont ou non d'accord avec cette hypothèse, si la flore et la faune actuelles peuvent, oui ou non, être rattachées par une filiation à la flore et à la faune des âges géologiques les plus récents.

## VII

## LA PHYSIOLOGIE TRANSCENDANTE

(National Review, octobre 1857.)

Son objet : les lois premières de la vie. — Exemples de ces lois : 1° rapport entre le développement d'un organe et son activité; 2° hérédité; 3° tout vivant vient de l'union de deux cellules en un œuf; 4° il se développe en devenant d'homogène hétérogène.

Etude de cette dernière loi : Tout développement comprend des *différenciations* de parties, suivies d'*intégrations* des parties ainsi produites. — Intégration *longitudinale*. Intégration *transversale*. Leur combinaison. — Principe de l'intégration, l'*identité de fonction* des éléments intégrés. Exceptions apparentes.

Rapport de l'individu à son milieu, même loi. — Il s'en différencie de plus en plus par sa structure, sa forme, sa composition chimique, sa densité, sa température, sa motilité. De là son aptitude à réagir.

I. APPLICATION DE LA MÉTHODE A PRIORI A LA PHYSIOLOGIE. — Exemples : Parmi les animaux volumineux, toute espèce active aura un appareil *respiratoire*, un *estomac*, un système *circulatoire*. — En général, des conditions essentielles de la vie, découvertes par induction, on peut déduire certaines lois encore inconnues.

Premier principe de toute organisation : *instabilité de l'homogène*. — Homogénéité des germes. — Leur instabilité chimique. — Pourquoi tendent-ils à une *hétérogénéité ordonnée*? C'est que les unités organiques doivent s'adapter chacune à sa situation propre, ou se décomposer. — Nécessité d'un second principe : adaptations des ancêtres, transmises par hérédité.

Autre application. — La *corrélation des formes* est-elle nécessaire? — Cuvier l'affirme; emploi de cet axiome en paléontologie. — Objection de Huxley. — Examen de la question. Fausse accusation d'athéisme contre la doctrine de Huxley. — Pourquoi les vraies corrélations nécessaires sont très-rares. — Dans un mécanisme, surtout compliqué, une même fin peut être atteinte par des combinaisons de moyens fort diverses; et inversement une même influence extérieure peut y provoquer des altérations fort variées, sans qu'on puisse prévoir laquelle.

II. AIDE MUTUELLE QUE PEUVENT SE PRÊTER LA PHYSIOLOGIE ET LA SOCIOLOGIE. — Caractère fondamental commun aux êtres vivants et aux corps sociaux :

la dépendance mutuelle des parties. — Le développement des sociétés se fait aussi par *différenciation* et *intégration*. — La cause en est également dans l'*adaptation* de chaque partie à sa situation propre. — L'*hérédité* dans les sociétés : rapport des colonies aux métropoles. — Similitude entre l'appareil industriel et commercial et les organes de sécrétion et de circulation.

(TR.)

<sup>1</sup> En mathématiques, on appelle analyse transcendante cette science qui, dépassant les relations particulières des nombres, dont traite l'arithmétique, et les relations numériques générales, objet de l'algèbre ordinaire, s'occupe des relations plus générales encore qui sont le fondement des autres relations générales. Sous le nom d'anatomie transcendante, on entend une partie de la biologie, où il est question, non de la structure de chaque organisme particulier, mais des principes généraux qui président à la structure de toute une grande et riche classe d'organismes, de l'unité de plan qui se laisse discerner dans une nombreuse série de genres et d'ordres en apparence fort différents. Eh bien! mon objet ici est de réunir

1. Cet *Essai* parut d'abord dans la *National Review* de 1857, sous le titre : *Les lois suprêmes de la physiologie*. Il fut reproduit dans le premier volume (anglais) d'*Essais* réimprimés, qui parut en décembre de la même année. Il fut exclu de l'édition américaine, comprenant les premier et second volumes d'*Essais* revus et corrigés. Comme l'édition anglaise ne se trouve plus en librairie, et que l'édition américaine est la seule qu'on rencontre même chez nous, cet *Essai* est depuis dix ans introuvable. Je le joins à cette seconde édition du troisième volume (anglais), pour deux raisons : on y verra sous leur forme première certaines idées générales qui dans les *Premiers Principes* ont reparu sous une forme plus achevée, et l'on y en trouvera aussi d'autres qui ont leur importance.

plusieurs lois relatives au développement et aux fonctions des organes et qui s'étendent non plus à telles espèces ou classes spéciales d'êtres organisés, mais à tous ces êtres : plusieurs de ces lois n'ont pas, je crois, été énoncées jusqu'à ce jour.

Pour introduire plus doucement le public dans cet ordre suprême de vérités biologiques, commençons par en indiquer une ou deux avec lesquelles tout le monde est déjà familier. Soit d'abord le rapport entre le travail accompli par un organe et son développement. Ce rapport est universel. Il est vrai non-seulement pour un os, pour un muscle, pour un nerf, pour un organe de la sensation, pour une faculté mentale, mais encore pour chaque glande, pour chaque viscère, chaque élément du corps. Il se vérifie et chez l'homme, et chez tous ceux des animaux en qui nous pouvons en poursuivre l'application ; plus encore, chez les plantes mêmes. Pourvu que le fonctionnement ne soit pas excessif au point de troubler la machine ou d'excéder les forces réparatrices, soit de la machine entière, soit des appareils particuliers qui apportent à l'organe sa nourriture, dans cette seule condition, on peut le dire, c'est une loi des corps organisés, que, toutes choses égales d'ailleurs, le développement est en raison du fonctionnement. Cette loi est le fondement de toutes les maximes et méthodes raisonnables d'éducation, tant intellectuelle que morale et physique ; et, le jour où les politiques seront assez sages pour savoir cela, cette loi paraîtra la base de toute législation raisonnable.

Une autre de ces vérités qui s'étendent à tout le monde organisé, c'est celle de la transmission par hérédité. Non pas que l'hérédité ait pour unique effet, comme on le croit en général,

de perpétuer dans une famille certaines particularités qui ont appartenu aux ancêtres immédiats ou éloignés. La loi de l'hérédité ne s'étend pas uniquement non plus à ces cas généraux déjà plus vastes : la production de variétés permanentes, naissant, dans le règne végétal ou animal, d'individus modifiés ; la création d'espèces nouvelles de blé ou de pomme de terre, de sortes nouvelles de moutons ou de bestiaux, et de nouvelles races d'hommes, par le même moyen. Ce sont là des exemples secondaires de cette loi. Pour qui en embrasse toute l'étendue, elle signifie que toute plante, tout animal produit d'autres êtres de même espèce, l'identité d'espèce consistant non pas autant dans la reproduction de certains traits tout individuels que dans l'identité générique de structure. Nous avons un exemple journalier de cette vérité ; mais à la longue il a presque perdu son sens pour nous. Le blé vient du blé, les taureaux actuels ont eu pour ancêtres des taureaux ; tout organisme, en grandissant, finit par revêtir la forme de la classe, de l'ordre, du genre et de l'espèce d'où il est sorti : c'est là un fait qui, à force de se répéter, est arrivé à prendre à nos yeux un caractère de nécessité. C'est ici surtout, pourtant, que la loi de transmission par hérédité se révèle : et, quant aux phénomènes qu'on lui attribue communément, ils n'en sont que des manifestations de second ordre. C'est quand on la comprend ainsi qu'elle est universelle. Nous n'oublions pas cette exception apparente, mais purement apparente, le phénomène bizarre des « générations alternantes » ; elle n'empêche pas la loi, que le semblable engendre le semblable, de s'étendre aux organismes de toutes races.

Maintenant, prenons une loi physiologique d'un genre moins en vue et qui se soit établie récemment. Aux yeux de l'observateur vulgaire, il y a diverses méthodes de reproduction. Il voit, chez les animaux supérieurs, les jeunes venir au jour déjà semblables pour l'ensemble à leurs parents, tandis que les oiseaux pondent des œufs, les couvent et les font éclore, et que les poissons déposent leur frai et le laissent là. Parmi les végétaux, il voit des espèces où les individus nouveaux ne peuvent naître que d'une graine, au lieu que dans d'autres, les pommes de terre par exemple, ils peuvent aussi naître d'un tubercule; d'autres qui poussent des rejetons, lesquels prennent racine et, se développant, donnent des individus nouveaux; qu'enfin beaucoup de plantes viennent d'une bouture ou d'un bourgeon. En outre, dans les moisissures qui se montrent sur les aliments rancis, chez les infusoires qui bientôt grouillent dans l'eau lorsqu'elle est exposée à l'air et à la lumière, il trouve un mode de génération qui doit lui sembler inexplicable et qu'il prendra sans doute pour « spontané ». Celui qui lit des livres de science à l'usage du peuple doit croire qu'il y a plus de variété encore dans les modes de reproduction. Il découvre que des genres entiers d'êtres vivants se multiplient par gemmation, c'est-à-dire que l'individu reproducteur pousse des bourgeons, qui se développent, prennent la forme de leur père, s'en séparent et se mettent à vivre à part. On lui apprend que, chez les espèces animales et végétales d'ordre microscopique, le procédé ordinaire pour la multiplication, c'est la division spontanée : l'individu-souche se fend en deux ou plusieurs êtres, et ceux-ci à leur tour en feront autant. Un cas plus cu-

rieux encore, c'est celui que présentent, par exemple, les aphides : là, un œuf donne naissance à une femelle imparfaite, d'où naissent, selon le mode vivipare, d'autres femelles imparfaites, qui grandissent et à leur tour donnent des femelles imparfaites; les choses continuent ainsi pendant huit, dix générations et plus, jusqu'à ce qu'enfin soient produits, toujours par le mode vivipare, des mâles et des femelles parfaits. Mais au contraire, sous tous ces modes variés de reproduction et bien d'autres encore, le physiologiste expérimenté découvre au fond une complète uniformité. Le berceau, non-seulement de tout animal ou végétal supérieur, mais de tous ces groupes d'êtres qui sortent par gemmiparité ou fissiparité d'un organisme individuel, est toujours une spore, une graine ou un œuf. Les millions d'infusoires ou d'aphides qui naissent, par subdivision ou par gemmation, d'un individu unique; les innombrables plantes qui successivement sortent d'une plante-mère par des boutures ou par des tubercules, tous ont, aussi bien que l'être le plus élevé, pour premier ancêtre un germe fécondé. Et dans tous les cas, pour l'algue la plus humble comme pour le chêne, pour le protozoaire comme pour le mammifère, ce germe fécondé s'est formé par l'union du contenu de deux cellules. Que ces deux cellules soient, comme dans les espèces les plus basses, de nature en apparence identique, ou qu'elles se distinguent, comme dans les espèces plus élevées, en cellule spermatique et cellule germinative, il n'en est pas moins vrai toujours que de leur combinaison se fait la masse d'où doit sortir un organisme nouveau ou une série nouvelle d'organismes. Cette loi est-elle sans exception ?

Nous ne sommes pas en mesure de l'affirmer : car, pour les aphides, certaines expériences paraissent indiquer que, dans des conditions spéciales, les descendants de l'individu-souche peuvent continuer à se multiplier sans terme et sans avoir besoin d'une fécondation nouvelle, et peut-être y a-t-il d'autres cas semblables. Toutefois, il n'y a pas dans la nature un seul exemple où un tel fait puisse s'observer positivement ; s'il est des plantes dont les graines ne nous sont pas encore connues, il faut plutôt croire que nos observations sont en défaut, et non pas que ces plantes fassent exception. Or, tant qu'on n'aura pas une exception bien prouvée, l'induction précédente doit être tenue pour valable. Voilà donc encore une des vérités de la physiologie transcendante : car, autant que nous pouvons savoir, elle dépasse (*transcends*) toutes les distinctions de genre, d'ordre, de classe, de règne, et s'applique à tout être vivant.

Une autre vérité d'une étendue non moins universelle, c'est la formule de la marche suivie par tout organisme qui se développe. Aux non initiés, cette marche paraît variable. On ne voit pas de parallèle à faire entre le développement d'une plante et celui d'un animal. La ressemblance n'est guère visible entre la croissance d'un mammifère, qui s'avance sans brusquerie de sa première à sa dernière forme, et celle d'un insecte, qui devient successivement, en passant par des états bien nettement séparés, œuf, larve, chrysalide, nymphe. Et pourtant, c'est un fait aujourd'hui établi, tous les organismes se développent de la même façon. Le germe de tout végétal ou animal est, à son début, homogène ; et chaque pas vers la

forme adulte est pour lui un accroissement d'hétérogénéité. Tout être organisé commence par une masse à peu près sans structure, et arrive à son état final si complexe par une série accumulée de distinctions entre les parties, par une division qui différencie tels tissus de tels autres, et ces organes-ci de ceux-là. Voilà donc bien encore une loi biologique d'une généralité transcendante.

Cet exposé des lois essentielles de la physiologie transcendante fera comprendre le but de cette science : j'ai ainsi comme frayé la route aux considérations qui vont suivre.

Et d'abord, reprenons la dernière des grandes vérités générales ci-dessus exposées ; regardons de plus près ce passage de l'homogène à l'hétérogène. On dit communément qu'il consiste en une série de changements qui différencient les parties. Mais, à mon sens, cette définition est incomplète. Tout physiologiste le sait, l'évolution des organismes ne comporte pas seulement une séparation de parties, mais aussi l'union de certaines parties. Outre la désagrégation, il y a une agrégation. Le cœur, qui est d'abord un grand et long vaisseau sanguin animé de battements, peu à peu s'enroule sur lui-même et s'intègre à part. La couche de cellules biliaires dont se compose le foie à l'état rudimentaire ne se borne pas à s'écarter de la surface de l'intestin, où elles reposent d'abord ; en même temps, elles s'unissent en un organe défini. La concentration graduelle qu'on remarque dans ce cas et dans d'autres encore est une partie du phénomène du développement : Milne Edwards et d'autres l'ont reconnu plus ou moins

nettement, et néanmoins il ne semble pas qu'on l'ait fait entrer à titre d'élément nécessaire dans la conception de ce phénomène.

Cette intégration progressive, on la remarque en suivant un embryon à travers ses divers états, comme en s'élevant des formes les plus humbles aux plus hautes : le meilleur moyen de l'étudier est de la considérer de divers points de vue. Considérons d'abord ce que nous pouvons appeler *l'intégration longitudinale*.

Les *annelés* inférieurs, vers, myriapodes, etc., ont pour caractéristique le grand nombre de segments dont ils sont faits, qui va parfois jusqu'à plusieurs centaines; mais quand on arrive aux *annelés* supérieurs, centipèdes, crustacés, insectes, araignées, le nombre va baissant notablement, jusqu'à vingt-deux, treize et même moins encore; en même temps, on remarque un raccourcissement, une intégration du corps entier, qui atteint son extrême limite chez le crabe et l'araignée. Il se passe quelque chose de semblable dans le développement de chaque crustacé ou insecte. Le thorax du homard, qui, chez l'adulte, uni à la tête, forme une boîte compacte enfermant les viscères, est constitué par la réunion de divers segments qui dans l'embryon pouvaient se séparer. Le corps de la chenille comprend treize divisions bien distinctes : plus tard, chez le papillon, elles s'unissent, plusieurs segments deviennent cohérents et forment le thorax, et ceux de l'abdomen s'associent plus étroitement qu'à l'origine. De même encore pour les organes intérieurs. Dans les espèces inférieures des *annelés* et dans les larves des espèces supérieures, le canal

alimentaire est formé par un tube qui tantôt est uniforme d'un bout à l'autre, tantôt se renfle par endroits et donne ainsi une série d'estomacs, à raison d'un par anneau; mais, chez les individus les plus parfaits, il n'y a plus qu'un seul estomac bien défini. La même concentration s'observe dans les systèmes nerveux, vasculaire et respiratoire. Dans la manière de se développer des *vertébrés*, nous trouvons encore divers exemples de l'intégration longitudinale. C'est ainsi que plusieurs segments se soudent pour former le crâne. Un autre cas, c'est celui de l'os coccygien, qui se forme par la réunion de plusieurs vertèbres caudales. Enfin, un exemple également bon, c'est celui des vertèbres sacrées chez l'oiseau, qui se fondent en un tout solide.

Quant à ce que nous pouvons appeler *l'intégration transversale*, on en prendra une idée claire en considérant chez les *annelés* le développement du système nerveux. Si l'on néglige ces espèces, les plus infimes, qui n'offrent pas de ganglions distincts, voici ce qu'on observe chez les *annelés* inférieurs, comme chez les larves des supérieurs : c'est qu'un de leurs traits caractéristiques, c'est une double chaîne de ganglions traversant le corps de bout en bout; au contraire, chez les *annelés* d'une structure plus achevée, cette double chaîne se confond plus ou moins entièrement en une seule. M. Newport a décrit la marche de cette même concentration chez les insectes, et Rathke l'a suivie chez les crustacés. Chez l'*astacus fluviatilis*, ou écrevisse commune, au premier âge, chaque anneau contient une paire de ganglions séparés. Sur les quatorze paires qui appartiennent à la tête et au thorax, les trois paires qui sont en avant de la

bouche s'unissent en une seule masse pour former le cerveau ou ganglion céphalique. Quant au reste, ceux des six premières paires se joignent deux par deux sur la ligne médiane, les autres demeurent plus ou moins séparés. Des six ganglions doubles ainsi formés, les quatre antérieurs se ramassent en un seul; les deux suivants font de même; alors ces deux masses se fondent en une. Ici, nous voyons l'intégration longitudinale et la transversale se poursuivre à la fois; chez les crustacés les plus élevés, elles continuent tous deux plus loin encore. Chez les *vertébrés*, le développement de l'appareil génital offre un cas bien clair d'intégration transversale. Les plus humbles des mammifères, les *monotrèmes*, ainsi que les oiseaux, avec qui ils ont plus d'un rapport, ont des oviductes qui, vers leur extrémité inférieure, s'évasent et forment des cavités dont chacune remplit imparfaitement la fonction d'un utérus. « Chez les *marsupiaux*, les deux séries voisines d'organes se rapprochent davantage de la ligne médiane, car les oviductes convergent et se rencontrent (sans se confondre) sur la ligne médiane; de la sorte, leurs renflements utérins sont en contact et constituent un véritable *utérus double*... Chez bon nombre de *rongeurs*, l'utérus demeure encore divisé en deux moitiés voisines; chez d'autres, elles se confondent par leurs parties inférieures: c'est une première ébauche de ce qui chez l'être humain sera le *corps* de l'utérus. Cette portion, chez les herbivores et carnivores supérieurs, grandit aux dépens des *trompes* parallèles; mais, chez les quadrumanes inférieurs, l'utérus est encore un peu fendu par en haut <sup>1</sup>. » Ce phénomène d'intégration trans-

<sup>1</sup>. Carpenter, *Principes de physiologie comparée*, p. 617.

versale, qui, vu dans le détail, nous semblerait plus frappant encore, est accompagné de changements parallèles, bien que moins importants, dans l'autre sexe. Un autre exemple, c'est celui de la liaison par commissure des hémisphères cérébraux: ils sont séparés chez les *vertébrés* inférieurs, mais ils se rejoignent de plus en plus chez les plus élevés. Nous en trouvons d'autres encore, d'ordre différent, mais dont le sens général est le même, dans le système vasculaire.

Or ces diverses sortes d'intégration que nous venons de faire connaître, et où l'on voit communément autant de phénomènes sans rapport entre eux, on devrait les réunir sous une conception générale, les faire entrer dans la formule du développement. Chez un crabe adulte, de nombreuses paires de ganglions d'abord séparés se fondent en une masse unique; c'est là un fait qui pour l'importance ne le cède qu'à cet autre: la division de son canal alimentaire en un estomac et un intestin. Chez les *annelés* supérieurs, un cœur unique remplace cette chaîne de cœurs rudimentaires qui chez les plus humbles forment le vaisseau sanguin dorsal et qui atteignent chez certaine espèce au nombre de cent soixante: c'est là une vérité non moins importante pour qui veut comprendre l'histoire de l'évolution, que cette autre, la formation d'une surface respiratoire par le plissement de la peau. Pour bien concevoir la production d'une colonne vertébrale, il faut, outre les distinctions de parties d'où résulte la *corde dorsale*, avec les segments vertébraux y compris, faire entrer en ligne aussi, et peut-être plus encore, la fusion de diverses séries de phénomènes relatifs aux vertèbres, et celle des éléments vertébraux correspon-

dants. Une égale attention est due aux changements par lesquels de plusieurs choses il s'en fait une seule, et à ceux qui d'une seule chose en tirent plusieurs. Évidemment donc, attribuer, comme c'est l'usage, le progrès par développement aux seules distinctions de parties, c'est oublier une moitié de la vérité. Pour exprimer les faits dans leur intégrité, il faut dire que le passage de l'état homogène à l'hétérogène se fait par des distinctions de parties et par des intégrations qui leur sont subordonnées.

Il ne sera pas hors de propos ici de demander ce que signifient ces intégrations. Les faits nous portent à croire qu'elles tiennent en quelque manière à l'identité de fonction. Les huit segments qui se soudent pour faire la tête d'un scolopendre ont pour rôle commun de protéger les ganglions encéphaliques, de fournir un point d'appui solide aux mâchoires, etc.; de même pour les nombreux os qui, en s'unissant, forment le crâne d'un vertébré. Voyez comment se rejoignent en un tout solide les diverses pièces qui forment le bassin d'un mammifère; comment, dans le sacrum de l'oiseau, s'ankylosent de dix à dix-neuf vertèbres: ce sont encore là des faits analogues, et des exemples de l'intégration des parties qui ont à transmettre aux jambes le poids du corps. Chez les mammifères à sabots, dont les membres, grâce à la façon de vivre de l'animal, n'ont pas à exécuter de mouvement de rotation, le tibia est soudé plus ou moins complètement avec le péroné, et le radius avec le cubitus: c'est encore un fait qui a le même sens. Tous les exemples de tout à l'heure: la fusion des ganglions; les nombreux sacs sanguins à battements que remplacent quel-

ques sacs, puis un seul; l'union des deux utérus en un seul, tous ces faits enferment la même conclusion. Que, pour arriver à s'intégrer, les parties, adjacentes et chargées des mêmes fonctions, aient à croître continuellement jusqu'à ce qu'elles finissent par se trouver en contact, comme il arrive parfois; que ces parties, comme dans certains cas, se rapprochent effectivement avant de s'unir; ou qu'enfin, comme en d'autres occasions, l'intégration se fasse indirectement, l'un des organes similaires ou un groupe de ces organes venant à remplir une partie de plus en plus importante de la fonction commune, et par là à s'accroître, au lieu que les autres faiblissent et disparaissent; il n'en est pas moins vrai, dans tous ces cas, que les parties de fonction identique tendent à s'unir.

Cette tendance est toutefois soumise à des conditions qui en limitent l'effet; et par là s'expliquent certaines exceptions apparentes. Prenons quelques exemples. Chez le fœtus humain, les yeux sont, comme chez les vertébrés inférieurs, placés des deux côtés de la tête. Au cours de son développement, leurs positions relatives se rapprochent, et, lors de la naissance, ils sont placés de face; mais pourtant ils sont alors encore, chez l'enfant européen, proportionnellement plus éloignés qu'ils ne seront plus tard, et, chez le sauvage adulte, ils demeurent en cet état. Seulement, il n'y a pas d'indice que ce rapprochement doive se poursuivre. Et on en peut donner deux raisons qui se présentent d'elles-mêmes. Les deux yeux ont une fonction commune, en tant qu'ils sont dirigés vers un même objet: et, à cet égard, ils tendent à se confondre. Mais ils sont aussi dirigés vers les deux côtés opposés du même objet: à cet égard, ils ont