

que le gracieux ramage des oiseaux chanteurs a cette origine. Chez nombre d'oiseaux, il y a un vrai tournoi musical entre les mâles qui luttent pour la possession des femelles. On sait que, dans beaucoup d'espèces d'oiseaux chanteurs, les mâles, à l'époque du rut, se réunissent en nombre devant la femelle; qu'en sa présence, ils entonnent leurs chansons, et que la femelle choisit pour époux celui qui lui a plu davantage. D'autres oiseaux chanteurs mâles chantent seuls dans la solitude des bois pour attirer les femelles, et celles-ci vont trouver le chanteur qui les séduit davantage. Un tournoi musical analogue, mais moins mélodique, a lieu parmi les cigales et les sauterelles. La cigale mâle porte à l'abdomen deux sortes de tambours produisant les sons stridulents que les anciens Grecs prisaient si singulièrement. Chez les sauterelles, les mâles frottent leurs élytres avec leurs pattes postérieures, comme avec un archet de violon; ils frottent aussi leurs élytres l'un contre l'autre et produisent ainsi ces stridulations, peu mélodiques pour nous, mais qui plaisent assez aux sauterelles femelles pour qu'elles recherchent les meilleurs de ces violonistes mâles.

Chez d'autres insectes et d'autres oiseaux, ce n'est pas le chant, ou plus généralement un bruit musical quelconque, qui plaît à l'un des sexes; c'est la parure ou la beauté. Ainsi nous voyons que, chez la plupart des gallinacés, le coq se distingue par sa crête ou par une queue magnifique s'étalant en éventail, comme celle du paon et du coq d'Inde. La belle queue de l'oiseau de paradis est aussi un ornement particulier au sexe mâle. Chez beaucoup d'autres oiseaux et insectes, chez les papillons particulièrement, les mâles se distinguent des femelles par des nuances spéciales. Ce sont là évidemment des produits de la sélection sexuelle. Comme ces moyens de séduction, ces ornements manquent aux femelles, nous devons en conclure que les mâles les ont lentement acquis par le fait de la rivalité pour plaire aux femelles, là où ces femelles pouvaient faire un choix.

Il est facile d'étendre à la société humaine l'application de cette intéressante donnée. Là aussi les mêmes causes ont évidemment contribué à créer les caractères sexuels secondaires. Les traits caractéristiques de l'homme aussi bien que ceux de la femme doivent certainement leur origine, pour une grande part, à la sélection sexuelle de l'autre sexe. Dans l'antiquité, le moyen âge, et surtout dans l'âge romantique de la chevalerie, c'était par la

rivalité immédiate, par les duels, les tournois, que se faisait le choix d'une fiancée; le plus fort s'en emparait. Dans nos temps modernes, au contraire, les rivaux préfèrent la compétition indirecte; c'est par la musique instrumentale et vocale, ou bien par des avantages naturels, par la beauté, ou encore par la parure artificielle que, dans nos sociétés « raffinées » et « très civilisées », l'on combat ses compétiteurs. Mais de ces diverses formes de sélection sexuelle la plus noble de beaucoup est la *sélection psychique*, celle dans laquelle les avantages intellectuels d'un sexe sont des motifs déterminants du choix de l'autre. Quand, de génération en génération, l'homme qui a reçu le plus haut degré possible de culture intellectuelle se détermine dans le choix de la compagne de sa vie par l'attrait des dons moraux dont sa descendance héritera, il contribue ainsi plus puissamment que par tout autre moyen à creuser l'abîme, qui nous sépare aujourd'hui des peuples encore grossiers et de nos ancêtres animaux. Ce qui est surtout important, c'est le rôle que joue la sélection sexuelle ennoblie et la division progressive du travail entre les deux sexes, et, selon moi, il faut voir là une des causes premières les plus puissantes de l'origine phylétique et du développement historique du genre humain (*Morph. gén.* II, 247.) Darwin ayant traité ce sujet de la façon la plus ingénieuse et en l'éclaircissant par les exemples les plus frappants dans le très intéressant ouvrage qu'il a publié en 1871 sur « la descendance de l'homme et la sélection sexuelle » (48), je vous renvoie particulièrement à ce livre pour les détails.

Permettez-moi de jeter maintenant un coup d'œil sur deux lois fondamentales organiques, extrêmement importantes, démontrées par la théorie de la sélection et qui sont des conséquences nécessaires du choix naturel dans la lutte pour l'existence. Ces lois sont : la loi de la *division du travail* ou de la différenciation, et la loi du progrès ou du perfectionnement. On avait déjà jadis constaté expérimentalement l'action de ces deux lois dans l'évolution historique, dans le développement individuel, dans l'anatomie comparée des animaux et des plantes, et l'on inclinait à les rapporter à une force créatrice directe. Il avait été prévu dans le plan du créateur que, dans le cours des siècles les formes devaient se multiplier et se perfectionner de plus en plus. Évidemment nous aurons fait un grand progrès dans la connaissance de la nature, si, rejetant cette vue téléologique et anthropomorphique, nous pouvons démontrer que les deux lois de la division

du travail et du perfectionnement sont des résultats nécessaires de la sélection naturelle dans la lutte pour l'existence.

La première grande loi, qui découle immédiatement de la sélection naturelle, est la *loi de différenciation*; on la désigne fréquemment sous la dénomination de *loi de division du travail* ou *polymorphisme*, et Darwin l'a appelée *divergence des caractères*. (*Morph. gén.*, II, 249.) Nous entendons désigner ainsi la tendance générale de tous les êtres organisés à se développer graduellement, mais inégalement, en s'écartant sans cesse du type primitif commun. Selon Darwin, la cause de cette tendance générale à la variation et, par suite, à la production de formes dissemblables sortant d'éléments semblables, cette cause, dis-je, serait simplement due à ce que la lutte pour l'existence entre deux organismes est d'autant plus ardente que ces organismes sont plus voisins, plus analogues entre eux. C'est là un fait très important, très simple, mais généralement méconnu.

Il saute aux yeux de chacun que, dans un champ d'une grandeur déterminée, il peut exister, à côté des céréales qui ont été semées, un grand nombre de mauvaises herbes, et ces mauvaises herbes viendront même là où les céréales ne pourraient prospérer. Les endroits arides, stériles du champ, où ne pourrait vivre aucun pied de céréales, peuvent suffire à nourrir des mauvaises herbes de diverses espèces. Plus les individus et les espèces vivant ensemble différeront, mieux ces diverses mauvaises herbes seront en état de s'adapter aux diverses modifications du sol. Il en est de même pour les animaux. Évidemment, dans un district donné, les animaux peuvent, s'ils sont de nature différente, coexister en plus grand nombre qu'ils ne le feraient s'ils étaient tous semblables. Il y a des arbres, le chêne, par exemple, sur chacun desquels peuvent vivre côte à côte deux cents diverses espèces d'insectes. Les unes se nourrissent des fruits de l'arbre, les autres des feuilles, d'autres de l'écorce, quelques-unes des racines, etc. Il serait absolument impossible qu'un pareil nombre d'individus vécussent sur cet arbre, si tous appartenaient à la même espèce, si tous, par exemple, vivaient aux dépens de l'écorce ou seulement des feuilles. La même chose se produit dans la société humaine. Dans une petite ville, pour qu'un certain nombre d'ouvriers puissent vivre, il faut que ces ouvriers exercent des professions différentes. La division du travail, qui est d'une si haute utilité à la communauté et à chaque travailleur en particulier, est une conséquence immé-

diats de la lutte pour l'existence, de la sélection naturelle; en effet, les animaux se tirent d'autant plus facilement de cette lutte qu'il y a plus de diversité dans l'activité et aussi dans la forme des individus. Naturellement la diversité des fonctions réagit sur la forme, en la modifiant, et la division physiologique du travail entraîne nécessairement la différenciation morphologique, « la divergence des caractères » (37).

Je vous prie de considérer maintenant que toutes les espèces animales et végétales sont modifiables et ont la faculté de s'adapter aux conditions locales. Les variétés, les races de chaque espèce, en vertu des lois de l'adaptation, s'écarteront d'autant plus de la souche primitive originelle que les conditions nouvelles auxquelles elles devront s'adapter seront plus différentes. Représentons-nous donc les variétés, issues d'un type fondamental commun, sous la forme d'un faisceau ramifié : ces variétés pourront vivre côte à côte et se reproduire d'autant plus facilement qu'elles seront plus distantes l'une de l'autre, qu'elles seront aux extrémités de la série, aux côtés opposés du faisceau. Au contraire, les formes moyennes ont la situation la plus désavantageuse dans la lutte pour l'existence. Les conditions nécessaires de la vie sont le plus dissemblables pour les variétés extrêmes, les plus éloignées l'une de l'autre, par conséquent ces variétés seront moins sujettes à se trouver en conflit sérieux dans la guerre pour l'existence. Au contraire, les formes intermédiaires, celles qui diffèrent le moins de la souche originelle, partagent plus ou moins avec cette dernière les mêmes besoins; elles sont donc réduites à lutter, et avec le plus grand désavantage, dans la compétition qui s'engage à ce sujet. Si, dans un même coin de terre, de nombreuses variétés d'une espèce vivent côte à côte, les formes extrêmes les plus divergentes pourront plus facilement coexister ensemble que les formes moyennes, obligées de lutter avec chacune de ces formes extrêmes. Les formes moyennes finiront à la longue par succomber sous les coups de ces influences ennemies, dont les autres auront triomphé. Ces dernières seules se maintiendront, se reproduiront et finiront par n'être plus reliées au type originel par aucune forme intermédiaire. C'est ainsi que les « bonnes espèces » proviennent des variétés. La lutte pour vivre favorise nécessairement la divergence générale, l'écart mutuel des formes organiques, la tendance perpétuelle à la formation d'espèces nouvelles. Ce résultat n'est pas dû à une propriété mythique, à une force.

mystérieuse de l'organisme, mais à l'action combinée de l'hérédité et de l'adaptation dans la lutte pour vivre. Par l'extinction des formes intermédiaires moyennes de chaque espèce, par la disparition des êtres de transition, l'écart s'accroît toujours de plus en plus et engendre des formes extrêmes, que nous déclarons constituer de nouvelles espèces.

Quoique tous les naturalistes aient dû admettre la variabilité ou la mutabilité des espèces animales et végétales, néanmoins la plupart ont contesté que la variation, la transformation des formes organiques pussent dépasser les limites des caractères spécifiques. Nos adversaires s'en tiennent toujours à la proposition suivante : « Quelles que soient les différences entre les variétés d'une même espèce, pourtant elles n'arrivent jamais à différer entre elles autant que le font deux véritables « bonnes espèces ». Cette affirmation, que les adversaires de Darwin placent ordinairement en tête de leurs démonstrations, est parfaitement insoutenable et sans fondement. Cela vous semblera évident, pour peu que vous fassiez une critique comparative des diverses définitions, que l'on a essayé de donner de l'idée d'espèce. Que peut être une « vraie et bonne espèce » (*bona species*) ? C'est là une question à laquelle aucun naturaliste ne saurait répondre, quoique tous les classificateurs se servent sans cesse de cette expression, et qu'on puisse composer une bibliothèque tout entière seulement avec les livres écrits pour déterminer si telle ou telle forme observée est une espèce ou une variété, une bonne ou une mauvaise espèce. La réponse la plus usitée est ordinairement celle-ci : « Tous les individus qui se ressemblent par tous les caractères essentiels sont de la même espèce. Les caractères essentiels sont ceux qui sont fixes, constants, et ne changent ni ne varient jamais. » Mais advient-il que l'un de ces caractères, jusqu'alors considérés comme essentiels, vienne à varier, alors on déclare que ce caractère n'est pas essentiel à l'espèce ; car les caractères essentiels ne sauraient varier. On se meut ainsi dans un cercle vicieux évident, et il est réellement étonnant de voir cette définition, semblable à un mouvement circulaire de manège, donnée et répétée sans cesse dans des milliers de livres comme une incontestable vérité.

Tous les essais tentés pour établir solidement et logiquement l'idée d'espèce ont été aussi pleinement infructueux et inutiles que celui que nous avons cité. Cela tient au fond même de la question, et il ne saurait en être autrement. L'idée d'espèce est

tout aussi peu absolue que les idées de variété, de famille, d'ordre, de classe, etc. C'est là un point que j'ai explicitement démontré en faisant la critique de l'idée de l'espèce dans ma *Morphologie générale*. (*Morph. gén.*, II, 323-364.) Sans perdre mon temps à reproduire ici cette fastidieuse démonstration, je veux seulement dire quelques mots touchant la relation qui existe entre l'espèce et les hybrides. Tout d'abord on admit comme un dogme que jamais deux bonnes espèces ne pouvaient, en se croisant, engendrer un produit fécond. On citait toujours, à l'appui de cette assertion, les hybrides du cheval et de l'âne, les mulets et les bardeaux, qui, en effet, ne se reproduisent que rarement. Mais il est démontré que ces hybrides stériles sont de rares exceptions et que, dans la plupart des cas, les hybrides sont féconds et peuvent se reproduire. Presque toujours ils peuvent se croiser avec succès, soit avec l'une des deux espèces mères, soit simplement entre eux. Mais ce croisement peut, en vertu des lois de « l'hérédité mixte », donner naissance à des formes toutes nouvelles.

En effet, *l'hybridité peut donner naissance à de nouvelles espèces* ; c'est là une source de nouvelles espèces tout à fait distincte de la sélection naturelle, que nous avons examinée jusqu'ici. J'ai déjà, en passant, cité quelques-unes de ces espèces hybrides, particulièrement les léporides (*Lepus Darvini*) provenant du croisement du lièvre mâle avec le lapin femelle, la chèvre-brebis (*Capra ovina*) résultant de l'apparition du bouc et de la brebis, en outre, diverses espèces de chardons (*Cirsium*), de ronces (*Rubus*), etc. Il est possible, comme Linné l'admettait déjà, que beaucoup d'espèces sauvages aient été produites de cette façon. Quoi qu'il en soit, ces hybrides, qui se maintiennent et se reproduisent aussi bien que de véritables espèces, montrent que l'hybridité ne peut servir en aucune façon à caractériser l'idée d'espèce.

Les tentatives, aussi nombreuses qu'inutiles, faites pour déterminer théoriquement l'idée d'espèce n'ont aucune influence sur la différenciation pratique des espèces. La diversité dans l'appréciation pratique de l'idée d'espèce, telle qu'on la voit dans la zoologie et la botanique taxinomiques, est bien propre à montrer la folie humaine. La plupart des zoologistes et des botanistes ont tâché jusqu'ici, dans la détermination et la description des diverses formes animales et végétales, de distinguer nettement les formes voisines et les ont appelées « bonnes espèces ». Mais presque jamais on ne constate que ces « bonnes et véritables

espèces » soient nettement et logiquement distinctes. Rarement deux zoologistes, deux botanistes sont d'accord pour dire quelles formes voisines d'un même genre constituent de bonnes espèces, quelles autres ne le sont pas.

Tous les auteurs ont à ce sujet des manières de voir différentes. Dans le genre *Hieracium*, par exemple, un des genres végétaux les plus communs en Europe, on a distingué, en Allemagne seulement, plus de 300 espèces. Mais le botaniste Fries n'admet que 106 espèces, Loch énumère seulement 52 « bonnes espèces »; d'autres n'en accordent que 20. Les divergences sont tout aussi grandes pour les ronces (*Rubus*). Là où un botaniste compte plus de 100 espèces, un second n'en tolère que la moitié, un troisième n'en admet qu'un cinquième ou un sixième. On connaît depuis longtemps très exactement les oiseaux de l'Allemagne. Bechstein a, dans sa consciencieuse ornithologie allemande, distingué 367 espèces, L. Reichenbach en a compté 379, Meyer et Wolff 406, et un autre ornithologiste, le pasteur Brehm, en a admis plus de 908. Moi-même, dans ma monographie des Éponges calcaires, j'ai montré que l'on peut à volonté distinguer chez ces zoophytes si variables ou 3, ou 24, ou 111, ou 289, ou 591 espèces (50).

Vous le voyez, ici, comme dans tout le reste de la taxinomie zoologique et botanique, règne la plus grande confusion, et cela tient à l'essence même du sujet. En effet, il est entièrement impossible de distinguer les variétés et les races des soi-disant « bonnes espèces ». *Les variétés sont des espèces qui commencent.* De la variabilité ou faculté d'adaptation des espèces résultent nécessairement, sous l'influence de la lutte pour l'existence, la différenciation toujours croissante des variétés et la perpétuelle divergence de formes nouvelles. Quand, grâce à l'hérédité, ces formes se sont maintenues durant un certain nombre de générations, quand les formes moyennes sont éteintes, alors « de nouvelles espèces » indépendantes se sont formées. L'origine de nouvelles espèces par la division du travail, la divergence ou différenciation des variétés, résulte nécessairement de la sélection naturelle (3).

On en peut dire autant de la deuxième grande loi directement déduite de la sélection naturelle; cette loi est sans doute très voisine de la loi de divergence; mais elle ne lui est nullement identique: c'est la loi de progrès ou de perfectionnement (*Ileosis*). (*Morph. gén.*, II, 257.) Comme la loi de différenciation,

cette grande et importante loi était depuis longtemps empiriquement établie par la paléontologie, avant que la sélection naturelle de Darwin eût permis d'en expliquer les causes. Presque tous les paléontologistes les plus distingués ont formulé la loi du progrès comme étant le résultant le plus général de leurs recherches sur les fossiles et sur la succession historique de ces fossiles. C'est ce qu'a fait, entre autres, le savant Bronn, dont les travaux sur les lois de formation et sur les lois de développement des organismes, quoique peu appréciés, sont excellents et dignes de la plus sérieuse considération (18). Les résultats généraux auxquels Bronn est arrivé relativement aux lois de différenciation et de progrès, uniquement par la voie empirique, à la suite de recherches assidues, opiniâtres et consciencieuses, sont l'éclatante confirmation de l'existence de ces deux grandes lois, que nous avons formulées comme des conséquences nécessaires de la sélection naturelle.

En se basant sur l'observation paléontologique, la loi de progrès et de perfectionnement constate ce fait capital. qu'à toutes les époques de la vie organique sur la terre, il y a eu progression dans le degré de perfection des êtres organisés. Depuis l'époque, perdue dans la nuit des temps, où la vie a débuté sur notre planète par la production spontanée des monères, les organismes de tous les groupes se sont constamment perfectionnés dans l'ensemble et le détail; à chaque étape, ils ont atteint un plus haut degré de développement. La multiplication perpétuellement croissante des formes vivantes s'accompagnait toujours d'un progrès dans l'organisation. Plus on pénètre profondément dans les couches géologiques où sont enfouis les restes des animaux et des végétaux éteints, plus ces débris sont anciens, et plus il y a de simplicité, d'uniformité, d'imperfection dans leur conformation. Cela est vrai des organismes en général et aussi de tous les groupes grands et petits, à l'exception, bien entendu, des formes rétrogrades isolées dont nous aurons à parler.

En confirmation de cette loi, je me contenterai de vous citer le plus important de tous les groupes animaux, celui des vertébrés. Les restes les plus anciens des vertébrés fossiles, que nous connaissons, appartiennent aux groupes les plus inférieurs des poissons. Après eux vinrent les amphibiens, types plus perfectionnés, puis les reptiles, et enfin, à une époque plus récente encore, les classes des vertébrés d'une organisation supérieure, les oiseaux et

les mammifères. Les premiers mammifères appartiennent au type le plus imparfait, le plus inférieur, celui des mammifères dépourvus de placenta; ce furent des marsupiaux. Les mammifères complets, avec placenta, ne vinrent que plus tard. Enfin, parmi ces derniers, les types inférieurs apparurent d'abord, les types supérieurs suivirent, et ce fut seulement à la fin de l'époque tertiaire, que le type mammifère évolua peu à peu jusqu'à l'homme.

En suivant le règne végétal dans son évolution historique, on constate la même loi: ce furent d'abord les classes les plus inférieures, les plus imparfaites, qui apparurent. D'abord le groupe des algues ou fucus. Puis vint le groupe des fougères (fougères, prêles, lycopodes, etc.). Il n'y avait encore aucune plante à fleurs ou phanérogame. Ces dernières commencèrent plus tard par les gymnospermes (conifères et cycadées), qui, par leur conformation tout entière, sont bien au-dessous des phanérogames angiospermes et forment une transition entre les fougères et les angiospermes. Ces dernières se développèrent plus tardivement encore, et au début c'étaient simplement des plantes sans corolle (monocotylées et monoclamydées); ensuite apparurent les plantes corollifères (dichlamydées). Enfin, dans ce derniers groupe, les fleurs polypétales précèdent les gamopétales, dont l'organisation paraît plus parfaite. Cette succession est une irréfutable démonstration de la grande loi d'évolution progressive.

Si nous cherchons maintenant la raison de cette évolution, nous arrivons, exactement comme pour les faits de différenciation, à la sélection naturelle dans la lutte pour l'existence. Or, représentez-vous encore une fois l'ensemble des procédés de la sélection naturelle, agissant par l'influence combinée des diverses lois de l'hérédité et de l'adaptation, et vous en conclurez que les conséquences inévitables et forcées de cette sélection sont non seulement la divergence des caractères, mais aussi leur perfectionnement graduel. C'est exactement ce que nous voyons dans l'histoire du genre humain. Là aussi il est naturel et nécessaire que l'humanité aille toujours plus avant dans la voie de la division progressive du travail, et que, dans chaque branche de son activité, elle aspire toujours à de nouvelles découvertes, à de nouvelles améliorations. D'une manière générale, le progrès a pour base la différenciation: il est donc également un résultat immédiat de la sélection naturelle par la lutte pour l'existence.

DOUZIÈME LEÇON

Lois du développement des groupes organiques et des individus. — Phylogénie et Ontogénie.

Lois du développement de l'humanité : différenciation et perfectionnement. — Causes mécaniques de ces deux lois primordiales. — Progrès sans différenciation et différenciation sans progrès. — Production des organes rudimentaires par le défaut d'usage et de la désaccoutumance. — Ontogénèse ou développement individuel des organismes. — Signification générale de l'ontogénèse. — Ontogénie ou histoire du développement individuel des vertébrés, y compris l'homme. — Sillonement de l'œuf. — Formation des trois feuillets du germe. — Histoire du développement du système nerveux central, des extrémités, des arcs branchiaux et de la queue des animaux vertébrés. — Connexion étio-
logique et parallélisme de l'ontogénèse et de la phylogénèse. — Développement individuel et du développement des groupes. — Connexion étio-
logique du parallélisme phylogénétique et du développement taxinomique. — Parallélisme des trois séries évolutives organiques.

Messieurs, pour que l'homme puisse bien voir quelle est sa place dans la nature et avoir une juste idée de ses rapports avec le monde des phénomènes, il lui faut de toute nécessité comparer objectivement les faits humains à ceux du monde extérieur et avant tout à ceux du monde animal. Déjà nous avons vu que les lois physiologiques si importantes de l'hérédité et de l'adaptation sont applicables à l'organisme humain exactement comme aux règnes animal et végétal ; nous avons vu que, là comme ici, elles combinent leur action. La sélection naturelle par la lutte pour l'existence travaille donc à métamorphoser la société humaine tout aussi bien que la vie des animaux et des plantes ; dans le champ de l'une comme dans celui de l'autre, de nouvelles formes surgissent. Ce rapprochement des phénomènes de transformation chez l'homme et l'animal est particulièrement important à considérer au sujet de la loi de divergence et de la loi de progrès, ces deux lois fondamentales, qui, nous l'avons démontré à la fin

de la dernière leçon, sont le résultat immédiat et nécessaire de la sélection naturelle dans la lutte pour l'existence.

Le fait le plus général qui ressort du premier coup d'œil comparatif jeté sur l'histoire des peuples, sur l'histoire universelle, c'est une variété toujours croissante de l'activité humaine, aussi bien dans la vie de l'individu que dans celle des familles et des États. Cette différenciation, cette divergence sans cesse croissante du caractère de l'homme et de sa manière de vivre sont dues aux progrès incessants de la division du travail individuel. Ce qui nous frappe, quand nous considérons les ébauches les plus anciennes et les plus imparfaites de la civilisation humaine, c'est une grossièreté, une simplicité presque partout uniformes; au contraire, dans les périodes historiques qui suivent, nous remarquons une grande variété de coutumes, d'usages, d'institutions chez les diverses nations. C'est la division progressive du travail qui engendre ainsi une diversité croissante des formes. Cela est de toute évidence rien que dans la physionomie humaine. Chez les races humaines les plus inférieures, les individus se ressemblent tellement pour la plupart, que souvent les voyageurs européens ne parviennent pas à les distinguer les uns des autres. Au contraire, chez les peuples très civilisés, la disparité des physionomies chez les individus appartenant à la même race est telle que bien rarement nous sommes exposés à confondre deux visages l'un avec l'autre.

La seconde loi primordiale, visible dans l'histoire des peuples, est la grande loi de progrès ou de perfectionnement. L'histoire de l'humanité est, en général, l'histoire de son *développement progressif*. Sans doute il se produit partout et toujours quelques mouvements partiels en arrière; sans doute un peuple s'engage parfois dans des voies obliques, ne menant qu'à un progrès unilatéral, superficiel, et s'écartant par conséquent de plus en plus du noble but à atteindre, du perfectionnement intime et réel. Mais, dans l'ensemble, le mouvement évolutif de l'humanité entière est et demeure progressif, à mesure que l'homme s'éloigne de plus en plus de ses ancêtres pithécoïdes et s'approche en même temps du but idéal auquel il tend.

Quelles sont les conditions spéciales de ces deux grandes lois du développement humain, que nous avons appelées loi de divergence et loi du progrès? Pour le savoir, il faut les comparer avec les mêmes lois d'évolution dans l'animalité, et l'on se convain-

est ainsi profondément que dans l'un et dans l'autre cas, il y a identité de phénomènes et de causes. Dans le monde humain comme dans le monde animal, les deux lois fondamentales de la marche du progrès, les lois de perfectionnement et de différenciation dépendent uniquement de causes mécaniques ; ce sont les résultats nécessaires de la sélection naturelle dans la guerre pour l'existence.

Peut-être, en écoutant les considérations précédentes, vous êtes-vous demandé si les deux lois ne sont pas identiques, si le progrès n'est pas indissolublement lié à la divergence. Souvent on a répondu affirmativement à ces questions et Carl-Ernst Baer, par exemple, un de ceux qui ont le mieux exploré le domaine de l'histoire de l'évolution, a formulé la proposition suivante comme une des lois primordiales de l'ontogénèse des animaux : « Le degré de perfectionnement consiste dans le degré de différenciation des parties (20). » Quelque juste que soit cette proposition en général, elle n'a pas néanmoins une valeur absolue. Bien plus, dans nombre de cas, on voit que la divergence et le progrès ne coïncident nullement. *Le progrès n'est pas toujours une différenciation, et toute différenciation n'est pas un progrès.*

Pour ce qui est du perfectionnement ou du progrès, l'anatomie suffit pour nous apprendre que, si le perfectionnement de l'organisme repose pour une large part sur la division du travail dans chaque partie du corps, d'autres métamorphoses organiques abondent également au progrès. Tel sera, entre autres, la *réduction numérique des parties semblables*. Pour bien constater cette loi, il suffit de comparer, par exemple, les crustacés inférieurs munis de pattes nombreuses avec les araignées, qui ont invariablement quatre paires de pattes et avec les insectes, qui en ont seulement trois. Il serait facile de citer beaucoup d'exemples de cette loi. Chez les annelés, la réduction numérique du nombre des paires de pattes est un progrès. De même, chez les vertébrés, la réduction numérique des vertèbres est un progrès organique. Les poissons et les amphibiens, pourvus d'un très grand nombre de vertèbres analogues, sont par cela même déjà plus imparfaits et plus inférieurs que les oiseaux et les mammifères, chez qui les vertèbres sont non seulement beaucoup plus différenciées, mais encore beaucoup moins nombreuses. En vertu de la même loi, les fleurs pourvues d'étamines nombreuses sont plus imparfaites que les fleurs de plantes analogues, moins riches en étamines, etc. Si

originaires un corps est muni de nombreuses parties similaires, et si, dans le cours de nombreuses générations, ce nombre diminue peu à peu, cette métamorphose est un progrès (18).

Une autre loi de perfectionnement indépendante de la différenciation et qui lui est en quelque sorte opposée, c'est la loi de *centralisation*. En général, tout l'organisme est d'autant plus parfait qu'il est plus unifié, que les parties sont mieux subordonnées au tout, que les fonctions et les organes sont mieux centralisés. Ainsi, par exemple, le système sanguin atteint son plus haut degré de perfection quand il existe un cœur central. De même, la substance nerveuse centralisée, qui forme la moelle épinière des vertébrés et la moelle abdominale des annelés supérieurs, est plus parfaite que la chaîne ganglionnaire décentralisée des annelés inférieurs et que le système de ganglions séparés des mollusques. Exposer en détail ces lois si compliquées du progrès serait une tâche trop longue; je suis obligé de ne pas m'y appesantir davantage et de vous renvoyer à ce sujet aux excellentes *Études morphologiques* de Bronn (18) et à ma *Morphologie générale* (I, 370, 550, et II, 257-266).

Je viens de vous signaler des phénomènes progressifs tout à fait indépendants de la divergence; il y a, d'autre part, de nombreuses différenciations, qui non seulement ne constituent pas un progrès, mais qui même sont des rétrogradations. Il est bien facile de constater que toutes les métamorphoses subies par les espèces animales et végétales ne sont pas toujours des améliorations. Bien plus, nombre de phénomènes de différenciation, immédiatement avantageux pour l'organisme, lui nuisent pourtant en amoindissant sa puissance. Souvent, par le fait du retour à des conditions de vie plus simples, il y a adaptation à ces conditions nouvelles et différenciation dans un sens rétrograde. Si, par exemple, des organismes accoutumés jusqu'alors à une vie indépendante s'habituent à vivre en parasites, cette vie parasitaire entraînera leur rétrogradation. Jusqu'alors ces animaux avaient été doués d'un système nerveux bien développé, d'organes des sens bien aiguisés, de la faculté de se mouvoir librement; en s'accoutumant à la vie parasitaire, ils perdent tous ces avantages, et rétrogradent plus ou moins. La différenciation est donc ici un mouvement rétrograde, bien que, pour l'organisme parasitaire même, elle constitue un avantage. L'animal qui vit aux dépens des autres gaspille des matériaux nutritifs pour conserver des

yeux et des organes moteurs qui ne lui sont d'aucune utilité. Qu'il vienne à perdre ces organes, il épargne alors toute cette substance nutritive, qui est utilisée pour les autres parties, et c'est un privilège dans la concurrence vitale. Dans cette lutte entre les divers parasites, ceux qui sont le moins exigeants ont sur les autres un avantage qui favorise leur rétrogradation.

Ce que nous venons de dire de l'organisme en général est applicable aux diverses parties d'un même organisme. Là encore telle différenciation de ces parties, qui, considérée en elle-même, est un recul, peut, dans la lutte pour l'existence, être avantageuse à l'organisme tout entier. On combat plus facilement et mieux, alors qu'on se débarrasse d'un bagage inutile. Nous voyons donc partout, dans le corps des animaux et des plantes complexes, des faits de divergence aboutissant essentiellement à la rétrogradation et finalement à la perte des parties isolées. Mais ici nous sommes en présence de la série si importante, si instructive, des faits relatifs aux *organes rudimentaires ou atrophies*.

Dans ma première leçon, je vous ai déjà signalé ces exemples si remarquables; j'ai appelé votre attention sur leur grande valeur théorique; je les ai considérés comme les preuves les plus frappantes de la vérité de la doctrine généalogique. On appelle organes rudimentaires les parties du corps, qui, organisées pour un but donné, sont néanmoins sans fonction. Je vous ai parlé des yeux de certains animaux vivant soit dans des cavernes, soit sous la terre, et par conséquent n'ayant nul besoin d'un organe de la vue. Nous trouvons chez ces animaux des yeux réels, cachés sous la peau et souvent ces yeux sont exactement conformés comme les yeux des animaux qui voient; pourtant ces yeux ne fonctionnent jamais. Ils ne peuvent fonctionner par la bonne raison qu'ils sont recouverts d'une membrane opaque; par conséquent aucun rayon lumineux ne peut pénétrer jusqu'à eux. Chez les ancêtres de ces animaux, qui vivaient à la pleine lumière du jour, les yeux étaient bien développés; ils avaient une cornée transparente et servaient réellement à voir. Mais, l'espèce ayant pris peu à peu des habitudes souterraines et s'étant soustraite à la lumière solaire, ses yeux sont restés sans usage et ont subi un mouvement de rétrogradation.

On peut citer comme de frappants exemples d'organes rudimentaires les ailes des animaux incapables de voler; par exemple, parmi les oiseaux, les ailes des oiseaux coureurs analogues

à l'autruche (*autruche, casoar, etc.*) et dont les pattes ont pris un développement extraordinaire. Ces oiseaux se sont déshabitués du vol et ont fini par perdre à demi les ailes; elles existent encore, mais atrophiées. Ces ailes atrophiées sont très communes dans la classe des insectes, qui presque tous peuvent voler. En nous basant sur des faits d'anatomie comparée et d'autres, nous pouvons en toute sûreté affirmer que tous les insectes actuels (libellules, sauterelles, scarabées, abeilles, punaises, mouches, papillons, etc.) descendent d'une forme ancestrale commune, qui était munie de deux paires d'ailes bien développées et de trois paires de pattes. Or, aujourd'hui, il y a de nombreux insectes, chez qui l'une ou l'autre de ces paires d'ailes a rétrogradé, et il en est beaucoup chez qui les deux paires sont complètement atrophiées. Tantôt c'est la paire d'ailes antérieure, tantôt c'est la paire postérieure, qui est réduite ou disparue: c'est la paire postérieure chez les mouches ou diptères, c'est la paire antérieure chez les strepsiptères. En outre, on rencontre, dans tous les ordres d'insectes, des genres ou des espèces isolés, chez qui il y a des degrés divers de rétrogradation ou atrophie des ailes. Cela arrive spécialement chez les parasites. Souvent les femelles sont sans ailes, tandis que les mâles sont ailés; c'est ce qui a lieu chez les vers luisants (*Lampyris*), chez les strepsiptères, etc. Évidemment, cette rétrogradation totale ou partielle des ailes des insectes est due à la sélection naturelle dans la lutte pour l'existence. En effet, les insectes aptères sont précisément ceux à qui les ailes seraient inutiles ou mêmes évidemment nuisibles. Supposons, par exemple, que des insectes habitant une île soient bien doués sous le rapport du vol; alors le vent pourra facilement les entraîner vers la haute mer, et si, comme il arrive d'ordinaire, il y a des différences individuelles dans la puissance du vol, alors les individus mal doués sous ce rapport auront un avantage sur les autres; ils seront moins facilement entraînés vers la mer et vivront plus longtemps que les individus mieux organisés. Or, en vertu de l'action de la sélection naturelle, cette circonstance doit nécessairement conduire à une atrophie graduelle des ailes. Après avoir développé cette conclusion au point de vue purement théorique, on se demande si les faits la justifient. Or, en effet, dans les îles, la proportion des insectes aptères aux insectes ailés est très notable, beaucoup plus que sur le continent. Ainsi, selon Wollaston, sur 550 espèces de scarabées habitant l'île de Madère, il y en a 200 sans

ailes ou au moins ayant des ailes imparfaites; et, sur 29 genres spécialement particuliers à cette île, 23 sont dans le cas indiqué. Évidemment ce fait remarquable ne saurait s'expliquer par la sagesse du Créateur. C'est la sélection naturelle qu'il faut invoquer; c'est elle qui, en raison du danger de la lutte contre le vent pour des insectes ailés, a donné un grand avantage aux insectes les plus sédentaires. Chez d'autres insectes aptères, le manque d'ailes a été avantageux pour d'autres raisons. Considérée en soi, la perte des ailes est un mouvement de recul; mais, pour tel organisme vivant dans des conditions spéciales, c'est un privilège dans la lutte pour l'existence.

Je veux citer encore, comme organes rudimentaires et à titre d'exemples, les poumons des serpents et ceux des lézards ophidiens. Tous les vertébrés pourvus de poumons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères, ont une paire de poumons, un poumon droit et un poumon gauche. Mais, quand le corps s'amincit et s'allonge extraordinairement, comme il arrive chez les serpents et les lézards ophidiens, alors les deux poumons ne peuvent plus se loger côte à côte, et, pour le mécanisme de la respiration, il y a avantage évident à ce qu'un seul poumon se développe. Un seul grand poumon fonctionne mieux alors que deux petits poumons juxtaposés; aussi trouve-t-on presque toujours chez ces animaux l'un des poumons, le droit ou le gauche, seul développé. L'autre est complètement atrophié, et reste seulement comme organe rudimentaire inutile. De même, chez tous les oiseaux, l'ovaire droit est atrophié et sans fonctions; seul, l'ovaire gauche est développé et fournit tous les œufs.

Dans une première leçon, j'ai montré que l'homme lui-même possède de ces organes inutiles, et j'ai cité les muscles de l'oreille. A la même catégorie d'organes appartient le rudiment de queue représenté chez l'homme par les troisième, quatrième et cinquième vertèbres caudales, rudiment qui est encore très visible durant les deux premiers mois de la vie intra-utérine. Plus tard, cette queue s'atrophie complètement. Or, cette queue humaine atrophiée atteste d'une manière incontestable que l'homme descend d'ancêtres pourvus d'une queue. Chez la femme cette queue embryonnaire comprend généralement une vertèbre de plus. Notons en outre que, chez l'homme, on trouve encore les muscles autrefois destinés à mouvoir cette queue.

Il est d'autres organes rudimentaires humains, mais qui sont

particuliers au sexe masculin, et se trouvent ainsi chez tous les mammifères mâles : ce sont les glandes mammaires pectorales. Ces glandes ne fonctionnent ordinairement que chez la femelle. Pourtant on a observé chez l'homme, chez le mouton et chez le bouc, quelques cas de développement complet des glandes mammaires sur des individus du sexe masculin ; alors ces glandes pouvaient servir à l'allaitement. Nous avons déjà dit que, chez quelques personnes, les muscles rudimentaires articulaires pouvaient aussi, par suite d'un long exercice, servir à mouvoir le pavillon de l'oreille. Ordinairement ces organes sont très inégalement développés chez les individus de la même espèce ; assez grands chez les uns, ils sont très petits chez les autres. Cette circonstance est très importante pour notre théorie explicative ; il en est de même de cet autre fait, savoir : que, chez les embryons et plus généralement dans le premier âge de la vie, les organes rudimentaires sont relativement beaucoup plus grands et plus forts que chez l'adulte. Cela est surtout visible pour les organes sexuels rudimentaires des plantes (étamines et style) dont j'ai déjà parlé. Ces organes sont proportionnellement beaucoup plus développés dans le bourgeon floral que dans la fleur éclosée. J'ai déjà remarqué que l'existence des organes rudimentaires et atrophiés témoigne très fortement en faveur de la conception monistique ou mécanique du monde. Si les adversaires de cette théorie, les dualistes et les théologiens, comprenaient l'énorme valeur de ces faits, ils en seraient désespérés. Les ridicules tentatives d'explication essayées par ces adversaires, la supposition que le Créateur a doté les organismes d'organes rudimentaires « par amour de la symétrie », « à titre d'ornements », « par respect pour son plan général de création », ces tentatives, disons-nous, montrent assez la radicale impuissance de la théorie que nous combattons. Je le répète encore ; quand même tous les phénomènes du développement embryologique nous seraient absolument inconnus, nous devrions déjà, sans autre preuves que les organes rudimentaires, tenir pour vraie la théorie de la descendance. Pas un des adversaires de cette théorie n'a pu donner, de ces faits si curieux et si importants, même une ombre d'explication acceptable. On trouverait à peine un type animal ou végétal d'ordre supérieur qui n'ait quelques-uns de ces organes rudimentaires, et presque toujours on peut démontrer que ces organes sont produits par la sélection naturelle, qu'ils se sont atrophiés par le défaut d'usage

ou la désaccoutumance. C'est le phénomène inverse de ce qui arrive quand, par l'adaptation à des conditions de vie spéciales et par l'exercice, de nouveaux organes naissent d'une partie non encore développée. Nos adversaires prétendent, il est vrai, que la théorie de la descendance est impuissante à expliquer l'origine d'organes absolument nouveaux. Mais je ne crains pas d'affirmer que cette explication n'offre pas la moindre difficulté à quiconque est versé dans l'anatomie comparée et la physiologie. Pour les personnes compétentes, il n'y a pas plus de difficulté pour l'origine d'organes absolument nouveaux qu'il n'y en a dans la complète disparition des organes rudimentaires. La disparition des derniers n'est en définitive que le contraire de l'apparition des premiers. Ces deux procédés modificateurs sont des faits de différenciation, que nous expliquons comme tous les autres, simplement et mécaniquement, par l'action de la sélection naturelle dans la lutte pour l'existence.

La considération si importante des organes rudimentaires et de leur origine, la comparaison de leur évolution paléontologique et embryologique nous conduisent tout naturellement à aborder maintenant une des plus importantes, des plus grandes séries de faits biologiques, c'est-à-dire le parallélisme que nous montrent, dans une triple direction, les phénomènes de progrès et de divergence. En parlant plus haut de perfectionnement et de division du travail, nous n'avons pas distingué les phénomènes de progrès et de différenciation des métamorphoses qui leur sont inhérentes et qui, durant les immenses cycles géologiques, ont modifié constamment les flores et les faunes, ont suscité l'apparition de nouvelles espèces animales et végétales en provoquant la disparition des espèces anciennes. Ce sont identiquement les mêmes phénomènes de progrès et de différenciation, rangés même dans un ordre semblable, que nous rencontrerons maintenant, en examinant l'origine, le développement et l'évolution de la vie d'un organisme individuel quelconque. Le développement individuel progressif, ou l'ontogénèse de chaque organisme individuel, à partir de l'œuf jusqu'à la forme parfaite, consiste simplement en un mouvement de croissance, de différenciation et de progrès. Cela est vrai aussi bien des animaux que des plantes et des protistes. Suivez l'ontogénie soit d'un mammifère, de l'homme, du singe, d'un marsupial, soit d'un vertébré quelconque appartenant à une autre classe : partout vous trouverez des phénomènes essen-

tiellement les mêmes. Chacun de ces animaux a pour point de départ originel une simple cellule, un ovule. Cette cellule ovulaire se multiplie par division et forme un groupe de cellules; ce groupe de cellules s'accroît, les cellules primitivement semblables se développent inégalement, la division du travail et le perfectionnement s'opèrent; de tout cela résulte l'organisme parfait, dont nous admirons la structure complexe.

Il me semble maintenant indispensable de signaler particulièrement à votre attention les faits si importants, si intéressants, qui accompagnent l'ontogénèse ou le développement individuel des organismes et tout spécialement des vertébrés, y compris l'homme. Je pourrais invoquer un double motif pour vous recommander instamment l'étude de ces phénomènes si curieux et si instructifs que j'ai exposés en détail dans mon *Anthropogénie*; d'abord ils intéressent au plus haut degré la théorie de la descendance; en outre, bien peu de personnes en ont reconnu l'immense portée.

N'y a-t-il pas, en effet, lieu de s'étonner de l'ignorance profonde où l'on est encore généralement plongé au sujet de tout ce qui touche au développement individuel de l'homme et des autres organismes? Ces faits, dont on ne saurait apprécier trop haut l'importance, ont été déjà établis dans leurs traits principaux, il y a plus d'un siècle, en 1759, par le grand naturaliste allemand Gaspar-Friedrich Wolff, dans sa classique *Theoria generationis*. Mais, de même que la théorie de la descendance fondée par Lamarck en 1809 sommeilla un demi-siècle et fut seulement ressuscitée en 1859 par Darwin, ainsi la théorie de l'épigénèse de Wolff resta inconnue aussi un demi-siècle, et ce fut seulement quand Oken eut publié, en 1806, son *Histoire du développement du canal intestinal*, quand Meckel, en 1812, eut traduit en allemand le travail de Wolff sur le même sujet, que la théorie de l'épigénèse de Wolff fut généralement connue et servit de point de départ aux recherches subséquentes sur l'histoire du développement individuel. Alors l'étude de l'ontogénèse prit un puissant essor, et bientôt parurent les travaux classiques des deux amis Christian Pander (1817), et Carl-Ernest Baer (1819). *L'Embryologie des animaux* de Baer mit surtout en lumière les faits principaux de l'ontogénèse des vertébrés par de si frappantes observations, elle les élucida par des réflexions si philosophiques que cet ouvrage capital devint indispensable à quiconque voulait se faire une juste idée de ce groupe d'animaux si importants dont l'homme fait

partie. A eux seuls, même, ces faits suffiraient à déterminer quelle est sa place dans la nature et à résoudre par conséquent le plus grand des problèmes.

Demandons-nous maintenant ce que savent de ces faits biologiques si importants, de ces notions indispensables pour comprendre son propre organisme nos classes soi-disant « éclairées », qui se font tant d'illusion sur le haut degré de civilisation du dix-neuvième siècle ? Que savent de tout cela nos philosophes raisonnateurs et nos théologiens, qui croient arriver par des spéculations pures et des inspirations divines à comprendre l'organisme humain ? Que savent même sur ce sujet la plupart des soi-disant zoologistes (y compris les entomologistes) ?

Les réponses à ces questions sont de nature à nous faire rougir, et, bon gré, mal gré, il faut convenir que ces faits si inestimables d'ontogénie humaine sont encore aujourd'hui entièrement inconnus, ou que du moins ils sont loin d'être appréciés comme ils le méritent. Cette ignorance montre bien dans quelle voie fautive et imparfaite la civilisation trop vantée du dix-neuvième siècle s'est engagée. Ignorance et superstition, voilà les bases sur lesquelles la plupart des hommes font reposer la conception de leur propre organisme et les rapports de cet organisme avec l'ensemble des choses; quant aux faits si saisissants de l'embryologie, ils sont ignorés. Quoi qu'il en soit, ces faits ne sauraient plaire à ceux qui creusent un abîme entre l'homme et le reste de la nature, à ceux surtout qui ne veulent pas entendre parler de l'origine animale du genre humain. Chez les peuples surtout où, en vertu d'une interprétation erronée des lois de l'hérédité, le régime des castes existe encore, les membres de ces castes privilégiées et dominantes seront certainement peu agréablement impressionnés par les conclusions de l'embryologie. Aujourd'hui encore, dans beaucoup d'États barbares ou civilisés, la hiérarchie héréditaire des classes va si loin qu'un noble, par exemple, se croit d'une tout autre nature qu'un bourgeois, et, quand il commet un acte déshonorant, il est, en punition de sa faute, rejeté dans la caste des bourgeois, parias de cet ordre social. Ces nobles personnes ne seraient pas si fières du sang précieux qui coule dans leurs veines privilégiées si elles savaient que, durant les deux premiers mois de leur vie embryologique, tous les embryons humains, nobles ou bourgeois, se distinguent à peine des embryons urédèles du chien et des autres mammifères.

Ces leçons ayant uniquement pour but de contribuer à la diffusion des vérités naturelles et de faire pénétrer dans le public la conception des vrais rapports de l'homme avec le reste de la nature, vous m'approuverez certainement si je n'accepte point le préjugé si répandu, qui assigne à l'homme une place privilégiée dans la création, et si je me borne à vous exposer simplement les faits embryologiques, qui, d'eux-mêmes, vous démontreront combien ce préjugé est mal fondé. J'insiste auprès de vous, pour que vous prêtiez à cet exposé la plus sérieuse attention; car la connaissance générale de ces faits est propre, j'en ai la ferme conviction, à élever l'intelligence et à favoriser le progrès intellectuel de l'humanité.

Les faits d'expérience, qui constituent le fond de l'ontogénie ou embryologie individuelle des vertébrés, sont nombreux et intéressants; mais je me bornerai à vous en citer quelques-uns, ceux qui intéressent particulièrement la théorie de la descendance en général et qui en même temps s'appliquent spécialement à l'homme. Au début de son existence individuelle, l'homme est, au même titre que tout autre organisme animal, un ovule, une simple petite cellule produite par la génération sexuée. L'ovule humain est essentiellement semblable à ceux des autres mammifères et ne saurait se distinguer absolument en rien de l'ovule des mammifères supérieurs. L'œuf pourrait provenir indifféremment d'un être humain ou d'un singe, d'un chien, d'un cheval ou de tout autre mammifère supérieur. Non seulement la forme et la structure de l'ovule, mais encore son diamètre, sont les mêmes chez la plupart des mammifères et chez l'homme. Le diamètre est d'environ $\frac{1}{40}$ de millimètre ou bien $\frac{1}{120}$ de pouce, de telle sorte que, dans les conditions favorables, on peut apercevoir l'ovule à l'œil nu; il a l'apparence d'un point. La différence réelle entre l'ovule des mammifères et l'ovule humain ne réside pas dans la conformation extérieure, mais bien dans la composition chimique, dans la constitution moléculaire des substances carbonées albuminoïdes, qui constituent essentiellement l'ovule. Sans doute, ces délicates différences individuelles des ovules, qui dépendent de l'adaptation indirecte ou potentielle et probablement surtout de l'adaptation individuelle, ces différences, dis-je, échappent à nos grossiers moyens d'investigation et ne peuvent tomber directement sous nos sens. On est néanmoins en droit de conclure indirectement qu'elles sont les causes déterminantes des différences individuelles.

L'ovule humain est, comme celui de tous les autres mammifères, une vésicule sphérique ayant toutes les parties constituantes essentielles d'une simple cellule

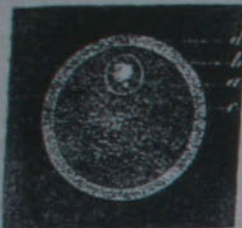


Fig. 5. — Un œuf de mammifère (une simple cellule). — A. Nucleole (NUCLEOLUS) ou point germinatif de l'œuf. B. NUCLEUS ou vésicule germinative de l'œuf. C. Substance cellulaire, ou protoplasme, jaune d'œuf. D. Membrane enveloppante du jaune; chez les mammifères on l'appelle MEMBRANA PELLUCIDA à cause de sa transparence.

organiques (fig. 5). La portion la plus essentielle de cet ovule est la substance cellulaire albumineuse ou le protoplasme (c) appelé « jaune » de l'œuf ou encore *vitellus*, et le noyau cellulaire enveloppé par cette substance et appelé « vésicule germinative » ou *nucleus*. Ce dernier est un globule albuminoïde, délicat, transparent, ayant environ $1/50$ de millimètre de diamètre et englobant encore un nucléole plus petit, arrondi et nettement limité : c'est le *corpuscule nucléolaire*, la *tache germinative*. A l'extérieur, la cellule ovulaire sphérique des mammifères est revêtue d'une membrane épaisse, transparente : c'est la *membrane cellulaire* ou *zone transparente* (d). Chez beaucoup d'animaux infé-

rieurs, par exemple, chez les méduses, les ovules sont des cellules nues absolument dépourvues d'enveloppe.

Dès que l'œuf (*ovulum*) des mammifères est arrivé à maturité, il sort de l'ovaire femelle où il s'est formé, pénètre dans un conduit étroit, l'oviducte, par lequel il arrive à la matrice (*utérus*), qui est pour lui une sorte de réservoir. Dans ce réservoir, l'ovule rencontre la semence du mâle qui le féconde (*sperma*); il se développe alors, passe à l'état embryonnaire et ne quitte plus la matrice avant d'être redevenu, par évolution, un jeune mammifère complet, que l'accouchement fait entrer dans le monde.

Les métamorphoses, que l'œuf fécondé subit dans la matrice avant de revêtir la forme d'un jeune mammifère, sont fort curieuses, et, au début, elles sont identiques chez l'homme et chez les autres mammifères. D'abord l'ovule mammifère fécondé se comporte exactement comme un organisme unicellulaire, se reproduisant, se multipliant sans cesse de lui-même, à l'instar d'une amibe (fig. 2), par exemple. La cellule ovulaire se divise d'abord en deux cellules par le procédé de segmentation, que je vous ai précédemment décrit. Ensuite naissent de la tache germinative ou nucléole de la cellule ovulaire primitive deux nouveaux

nucléoles; alors la cellule germinative se déroule aussi. Puis, autour de la sphère protoplastique, se dessine un sillon équatorial, qui divise cette sphère en deux moitiés comprenant chacune une des deux cellules germinatives avec son nucléole correspondant. Il y a donc alors, sous la membrane enveloppante de la cellule primitive, deux cellules sans enveloppe et pourvues chacune d'un noyau (*fig. 6*).

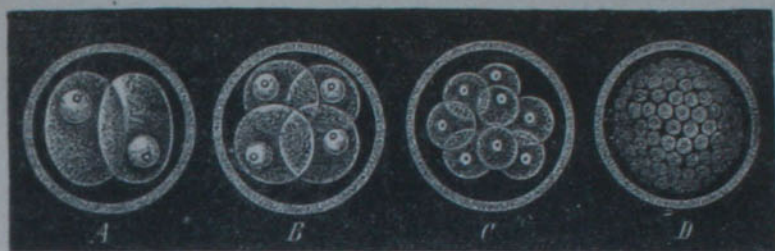


Fig 6 — Premier stade de l'évolution d'un mammifère, « segmentation de l'œuf », multiplication des cellules par des scissions répétées. — A. L'œuf se divise par un premier sillon en deux cellules. — B. Ces deux cellules se divisent en quatre cellules. — C. Ces dernières se divisent en huit cellules. — D. La segmentation indéfiniment répétée produit un amas sphérique de nombreuses cellules.

Ce procédé de segmentation cellulaire se répète successivement un grand nombre de fois. Des deux cellules (*fig. 6, A*), et de la manière ci-dessus indiquée naissent quatre cellules (*fig. 6, B*), de celles-ci huit (*fig. 6, C*); de ces huit, seize; des seize, trente-deux, etc. Toujours la division du nucléole précède celle du noyau, et la division du noyau celle de la substance cellulaire ou protoplasma. Comme la division de ce protoplasma ou vitellus commence toujours par un sillon annulaire superficiel, le phénomène entier s'appelle *sillonement de l'œuf*, et les produits de ce sillonement, les petites cellules engendrées par la segmentation persistante, s'appellent les *sphères de segmentation*. En résumé, le phénomène tout entier est simplement une segmentation cellulaire prolongée dont les produits sont uniquement de vraies cellules sans enveloppe. En fin de compte, le produit de cette scission continue, de ce sillonement de l'œuf des mammifères est une sphère ressemblant à une mûre ou à une framboise (*Morula*), composée de très nombreuses sphérules, de cellules nues et pourvues de noyaux (*fig. 6, D*). Ces cellules sont les matériaux de construction qui serviront à édifier le corps du jeune animal. Chacun de nous a été autrefois une de ces sphères simples, mûrifères,

composées de petites cellules transparentes et semblables entre elles, une *morula*.

Le développement ultérieur de cet amas cellulaire sphérique, qui représente actuellement le corps du jeune mammifère, consiste tout d'abord en ce que les éléments de cet amas se groupent à la périphérie en une membrane ayant la forme d'une sphère creuse et incluse dans la membrane cellulaire. Une certaine quantité de liquide s'amasse dans cette cavité. Cette membrane de nouvelle formation s'appelle *membrane prolifère* (*vesicula blastodermica*). Elle est d'abord composée de cellules transparentes, semblables entre elles. Mais bientôt, en un point de cette membrane, se forme, par une multiplication plus rapide des cellules en ce point, un épaissement en forme de disque. Cet épaissement partiel sera dorénavant la base du corps de l'embryon, et le reste de la membrane prolifère sera simplement employé à nourrir cet embryon. Bientôt le disque épais constitué le rudiment embryonnaire prend une forme elliptique, et, comme ses bords latéraux s'échancrent à droite et à gauche, il acquiert la forme d'un violon, d'un biscuit (*fig. 7*). A ce stade de l'évolution, dans cet état rudimentaire du germe, non seulement tous les mammifères, y compris l'homme, mais aussi tous les vertébrés, mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens ou poissons se ressemblent; ils ne sauraient alors se distinguer les uns des autres et ne diffèrent que par le volume, par de insignifiantes particularités de forme, ou par la structure de la membrane enveloppante. Chez tous, le corps tout entier consiste uniquement en un mince disque simple elliptique ou en forme de violon, qui est constitué d'abord par deux minces feuillets circulaires, superposés, les *feuillets germinatifs primaires*. Le feuillet externe est le *feuillet cutané* (exoderme); le feuillet interne est le *feuillet intestinal* (entoderme). Bientôt les deux feuillets primaires s'épaississent et se dédoublent en quatre feuillets secondaires, superposés, étroitement unis. Chaque feuillet est composé de cellules semblables entre elles; mais chacun de ces feuillets joue un rôle spécial dans la construction du corps du vertébré futur. Du feuillet superficiel ou externe naîtront seulement le tégument, l'épiderme, ainsi que les masses centrales du système nerveux (moelle épinière et cerveau); du second feuillet ou feuillet interne proviendront tout le tégument interne, l'épithélium, qui tapissera le canal intestinal de la bouche à l'anus, et aussi toutes les glandes

voisines de ce canal (poumon, foie, glandes salivaires, etc.); des membranes intermédiaires placées entre les deux précédentes proviendront tous les autres organes.

Quant aux procédés par lesquels de ces matériaux si simples, de ces quatre feuillettes composés de cellules peuvent naître les organes si divers et si complexes du vertébré adulte, ce sont, premièrement, des segmentations répétées, produisant des multiplications de cellules; deuxièmement, la division du travail ou différenciation des cellules, et, troisièmement, l'association des cellules, diversement constituées ou différenciées pour former les organes. Ainsi s'effectue ce progrès graduel, ce perfectionnement, que l'on peut suivre pas à pas durant l'évolution embryonnaire.

Les cellules primordiales, destinées à constituer le corps du vertébré, se comportent comme des citoyens qui veulent fonder un État. De ces citoyens, en effet, les uns se chargent de telle besogne, les autres de telle autre, et ils exécutent leur office de leur mieux dans l'intérêt de la collectivité. Grâce à cette division du travail, à cette différenciation et aux avantages qui lui sont inhérents, l'État peut accomplir des travaux dont chaque individu isolé eût été incapable. Or, le corps de tout vertébré, celui de tout autre organisme polycellulaire sont des fédérations républicaines de cellules, et peuvent, par conséquent, s'acquitter de fonctions dont serait parfaitement incapable chaque cellule vivant dans un isolement monastique (par exemple, une amibe ou une plante unicellulaire) (37).

Quel homme intelligent songerait à supposer l'activité personnelle d'un créateur surnaturel dans les institutions politiques qui fonctionnent dans l'intérêt de tous et dans celui de chaque citoyen

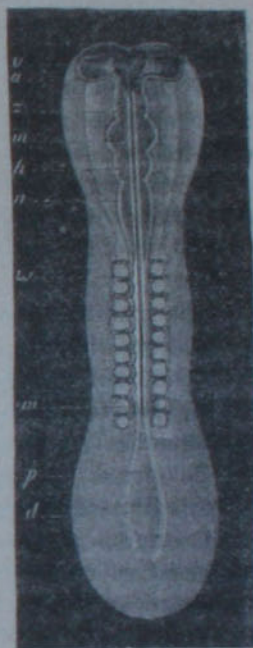


Fig. 7. — Embryon d'un mammifère ou d'un oiseau, dont le cerveau vient de se diviser en cinq ampoules juxtaposées. — z. Ampoule du cerveau antérieur; z. Ampoule du cerveau intermédiaire; m. Ampoule du cerveau moyen; h. Ampoule du cerveau postérieur; n. Arrière-cerveau postérieur; p. Moelle allongée; o. Couches optiques; c. Canal médullaire (MEDULLA SPINALIS); d. CHŒLION.

en particulier? Chacun sait même que toute institution publique organisée dans un but quelconque, résulte du concours de chaque citoyen, du gouvernement et aussi de l'adaptation aux conditions d'existence du monde extérieur. C'est exactement ainsi qu'il faut apprécier un organisme pluricellulaire. Là aussi toute disposition conforme à un but est uniquement le résultat naturel et nécessaire du concours, de la différenciation et du perfectionnement de chaque citoyen, c'est-à-dire de chaque cellule, et point du tout l'œuvre artificielle préméditée d'un créateur. Pour qui comprend bien cette comparaison et en discerne toutes les conséquences, la fausseté de la conception dualistique de la nature est évidente, et il ne saurait plus voir, dans la conformité d'une organisation à un but déterminé, le résultat d'une création d'après un plan conçu d'avance.

Suivons maintenant un peu plus loin le développement individuel d'un vertébré, et voyons quels sont les premiers actes des citoyens de notre organisme embryonnaire. Au milieu du disque en forme de violon constitué par les quatre feuillets germinaux multicellulaires, se dessine un sillon étroit, *la ligne primitive*, qui divise le disque en deux moitiés égales, l'une droite et l'autre gauche (antimères ¹). De chaque côté de cette ligne ou fente, le feuillet externe se soulève en un repli allongé; ces deux replis grandissent, se réunissent au-dessus de la fente et forment ainsi un canal cylindrique. C'est le canal médullaire, ainsi nommé parce qu'il est la base du système nerveux central, de la moelle épinière (*medulla spinalis*). Ce canal se termine d'abord en pointe à ses deux extrémités, et il demeure ainsi pendant toute la vie chez les vertébrés les plus inférieurs, chez ces animaux lanciformes, dépourvus, comme l'*Amphioxus*, de crâne et de cerveau. Mais chez tous les autres vertébrés, que nous appellerons, pour les distinguer des autres, animaux crâniotes, ou *crâniotes*, on voit bientôt l'extrémité antérieure du canal médullaire se distinguer de la postérieure. En effet, la première se renfle en une vésicule arrondie, qui est l'origine du cerveau.

Chez tous les crâniotes, c'est-à-dire chez tous les vertébrés pourvus d'un cerveau et d'un crâne, le cerveau, qui d'abord était simplement une ampoule membraneuse, se divise bientôt en cinq vésicules juxtaposées en série, par le fait de quatre étran-

1. Ἄντι, préposition marquant l'opposition; μέρος, partie.

gements transversaux et superficiels. On peut voir (*fig. 7*) les *cinq ampoules cérébrales*, telles qu'elles sont dans le principe chez l'embryon; ce sont elles qui formeront plus tard toutes les parties si complexes du cerveau adulte. Peu importe, à cette période du développement, que l'on ait affaire à un embryon de chien, de poule, de tortue ou d'un vertébré supérieur quelconque. En effet, dans le stade représenté figure 7, il est encore absolument impossible de distinguer les uns des autres les embryons des divers vertébrés craniens, du moins ceux des trois classes supérieures des reptiles, des oiseaux et des mammifères. Le corps entier est encore d'une simplicité de forme extrême; c'est un disque mince et aplati. Il n'y a encore ni face, ni jambes, ni intestins, etc. Mais les cinq ampoules cérébrales se distinguent déjà nettement l'une de l'autre.

La première ampoule ou cerveau antérieur est particulièrement importante; c'est elle qui formera surtout les grands *hémisphères cérébraux*, organes des facultés les plus hautes, celles de l'intelligence. Plus ces facultés se développent chez un vertébré, plus les deux hémisphères du cerveau antérieur grandissent aux dépens des quatre autres ampoules et s'élèvent en avant et en haut, au-dessus de ces autres ampoules. Chez l'homme, où ces hémisphères atteignent le plus haut degré de développement correspondant à la puissance du fonctionnement intellectuel, ils recouvrent plus tard presque entièrement les autres masses nerveuses contenues dans le crâne. La deuxième ampoule ou *cerveau intermédiaire*, forme spécialement cette partie des centres nerveux que l'on appelle *couches optiques*; elle est dans un rapport étroit avec les yeux, qui commencent par se détacher du cerveau antérieur sous forme de deux bourgeons creux, à droite et à gauche, et sont placés plus tard au-dessous du cerveau intermédiaire. La troisième ampoule, le *cerveau moyen*, contribue en grande partie à la formation des *tubercules quadrijumeaux*; c'est une partie du cerveau en forme de proéminences bombées, qui prend surtout un grand développement chez tous les reptiles et chez les oiseaux en s'amoindrissant beaucoup chez les mammifères. La quatrième ampoule, le *cerveau postérieur*, constituera ce qu'on appelle les *hémisphères cérébelleux*, partie de l'encéphale, sur la fonction de laquelle on a formé les conjectures les plus contradictoires, mais qui paraît présider plus particulièrement à la coordination des mouvements. Enfin la cinquième ampoule, ou

arrière-cerveau postérieur, devient cette partie si importante des centres nerveux, que l'on appelle *moelle allongée* (*medulla oblongata*). C'est l'organe central des mouvements respiratoires et d'autres importantes fonctions; ses blessures entraînent la mort immédiate, tandis que l'on peut exciser des fragments des hémisphères cérébraux, qui sont, rigoureusement parlant, les organes de « l'âme »; on peut même détruire ces hémisphères, sans tuer pour cela l'animal vertébré; on a seulement aboli ses facultés intellectuelles.

Ces cinq ampoules cérébrales sont, dans le principe, disposées de la même manière chez tous les vertébrés ayant un cerveau; mais peu à peu elles évoluent différemment dans les divers groupes, à ce point qu'une fois le cerveau complètement développé, il est bien difficile de retrouver les parties homologues. Dans le premier stade représenté figure 7, il est absolument impossible de distinguer les uns des autres les embryons des mammifères, des oiseaux et des reptiles. Comparez, au contraire, les embryons beaucoup plus développés; vous constaterez nettement les différences de développement, vous verrez surtout que le cerveau des deux mammifères s'écarte beaucoup de celui des oiseaux et des reptiles. Chez les deux derniers, c'est le cerveau moyen; chez les deux premiers, c'est déjà le cerveau antérieur qui domine. Mais à ce moment encore le cerveau de Foiseau se distingue à peine de celui de la tortue, et le cerveau du chien est encore presque identiquement semblable à celui de l'homme. S'il vous arrive, au contraire, de comparer les cerveaux de ces quatre animaux à l'âge adulte, vous les trouverez alors tellement différents dans toutes leurs particularités anatomiques que vous n'hésitez pas un instant à indiquer la provenance de chacun d'eux.

Pour vous montrer la parité originelle, puis la différenciation lente et graduelle de l'embryon chez les divers vertébrés, j'ai pris pour exemple le cerveau, parce que cet organe de l'activité intellectuelle offre un intérêt tout particulier; mais j'aurais pu prendre tout aussi bien le cœur, le foie, les membres, en un mot, une partie quelconque du corps; car chaque organe passe par les mêmes phases d'évolution. En tout, au début, les divers vertébrés sont semblables, puis peu à peu les particularités apparaissent, et les divers groupes, classes, ordres, familles, genres, se distinguent et se hiérarchisent. Dans mes leçons sur

l'anthropogénie (56), j'ai démontré ce fait pour chaque organe en particulier.

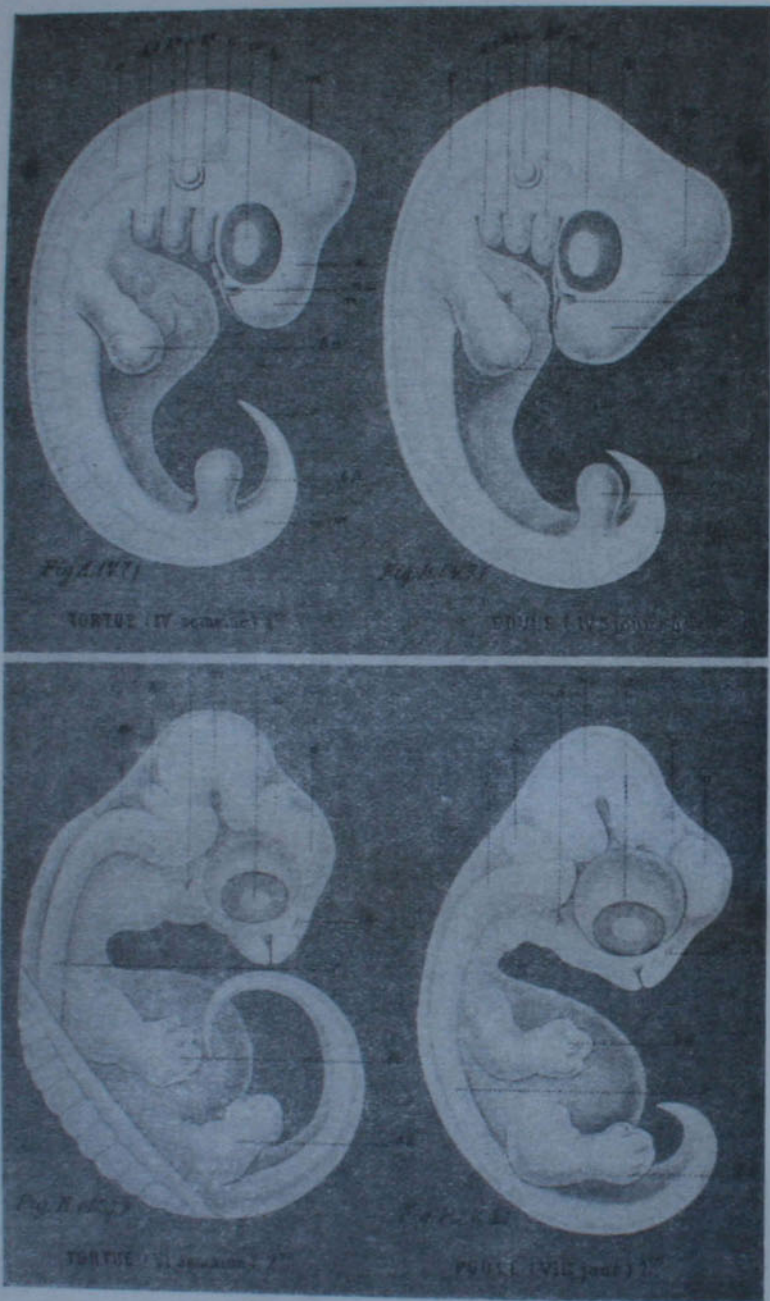
Certes, peu de parties du corps diffèrent autant entre elles que les extrémités des divers vertébrés. Or, veuillez comparer les extrémités antérieures des divers embryons, et vous aurez bien de la peine à trouver une différence quelque peu importante entre le bras de l'homme, l'aile de l'oiseau, la patte antérieure du chien et le moignon difforme de la tortue. Vous ne réussirez pas mieux si, en comparant les extrémités postérieures dans ces figures, vous cherchez à trouver les différences entre la jambe de l'homme, la patte de l'oiseau, la patte postérieure du chien et celle de la tortue. Dans ce stade initial, les extrémités antérieures et postérieures sont des palettes larges et courtes, sur le bord libre desquelles les rudiments des cinq doigts sont simplement cachés sous une membrane natale. A un stade plus précoce encore, les cinq doigts même ne sont pas encore indiqués, et il est absolument impossible de distinguer les membres antérieurs des extrémités postérieures. Les uns et les autres sont seulement des prolongements très simples, arrondis, qui ont poussé de chaque côté du tronc. Enfin, dans le stade plus antérieur encore qui est représenté figure 7, les membres font entièrement défaut, et l'embryon tout entier est un simple tronc sans trace de membres.

Dans la conformation des embryons de quatre semaines où l'on ne trouve pas encore le moindre caractère de l'animal adulte, je vous signalerai des organes extrêmement importants, communs à tous les vertébrés à ce moment de leur évolution, mais qui plus tard subissent les transformations les plus diverses. Tous, sans aucun doute, vous connaissez les arcs branchiaux des poissons, ces arcs osseux, échelonnés au nombre de trois ou quatre, de chaque côté du cou, et supportant les organes respiratoires des poissons, c'est-à-dire cette double série de lames rouges vulgairement appelées « les ouës ». Or ces arcs branchiaux existent dans le principe, chez l'homme, chez le chien, chez la poule et la tortue, ainsi que chez tous les autres vertébrés; mais ils persistent et deviennent des organes respiratoires chez les poissons. Chez les autres vertébrés, ils entrent dans la constitution de la face et de l'appareil maxillaire en particulier ou bien dans celle des organes de l'ouë.

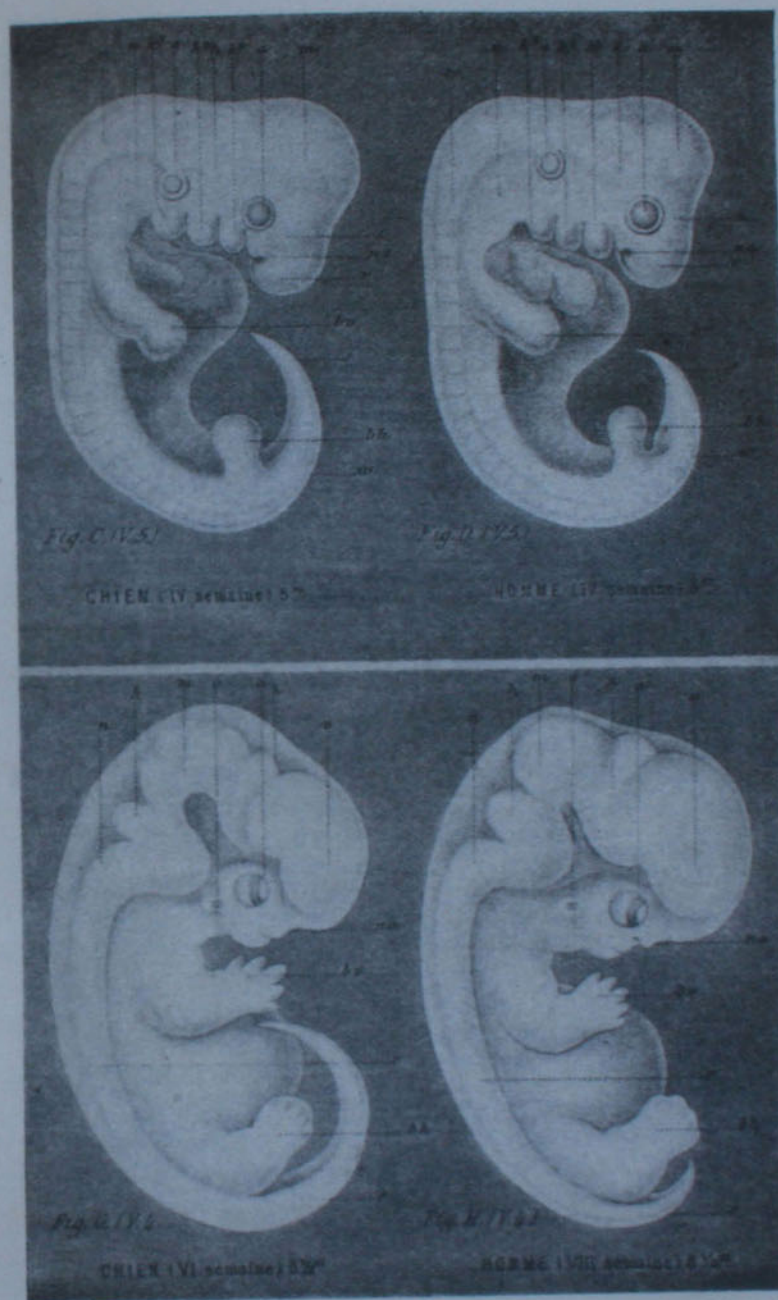
Enfin, je veux de nouveau appeler votre attention sur la *queue*,

que l'homme possède à l'origine, comme tous les autres vertébrés. Beaucoup de monistes espèrent anxieusement depuis bien longtemps, comme preuve de l'étroite parenté de l'homme et des autres mammifères, que l'on découvrira des « hommes à queue », et, de leur côté, leurs adversaires, les dualistes, font sonner bien haut que l'absence de queue est une des principales différences physiques entre l'homme et les animaux, oubliant qu'il existe en réalité beaucoup d'animaux qui en sont privés. Or, dans le premier mois de son évolution intra-utérine, l'homme est muni d'une queue tout aussi bien que les singes anoures, orang, chimpanzé, gorille, ses plus proches voisins, et tous les vertébrés en général. Mais, tandis que chez la plupart d'entre eux, chez le chien, par exemple, cette queue grandit pendant toute la durée du développement, chez l'homme et chez les mammifères sans queue, elle diminue à un certain moment de l'évolution et finit par s'atrophier complètement. Pourtant, même chez l'homme adulte, les traces de la queue sont visibles encore; ce sont les trois ou cinq vertèbres caudales (*vertebræ coccygeæ*) qui terminent inférieurement la colonne vertébrale.

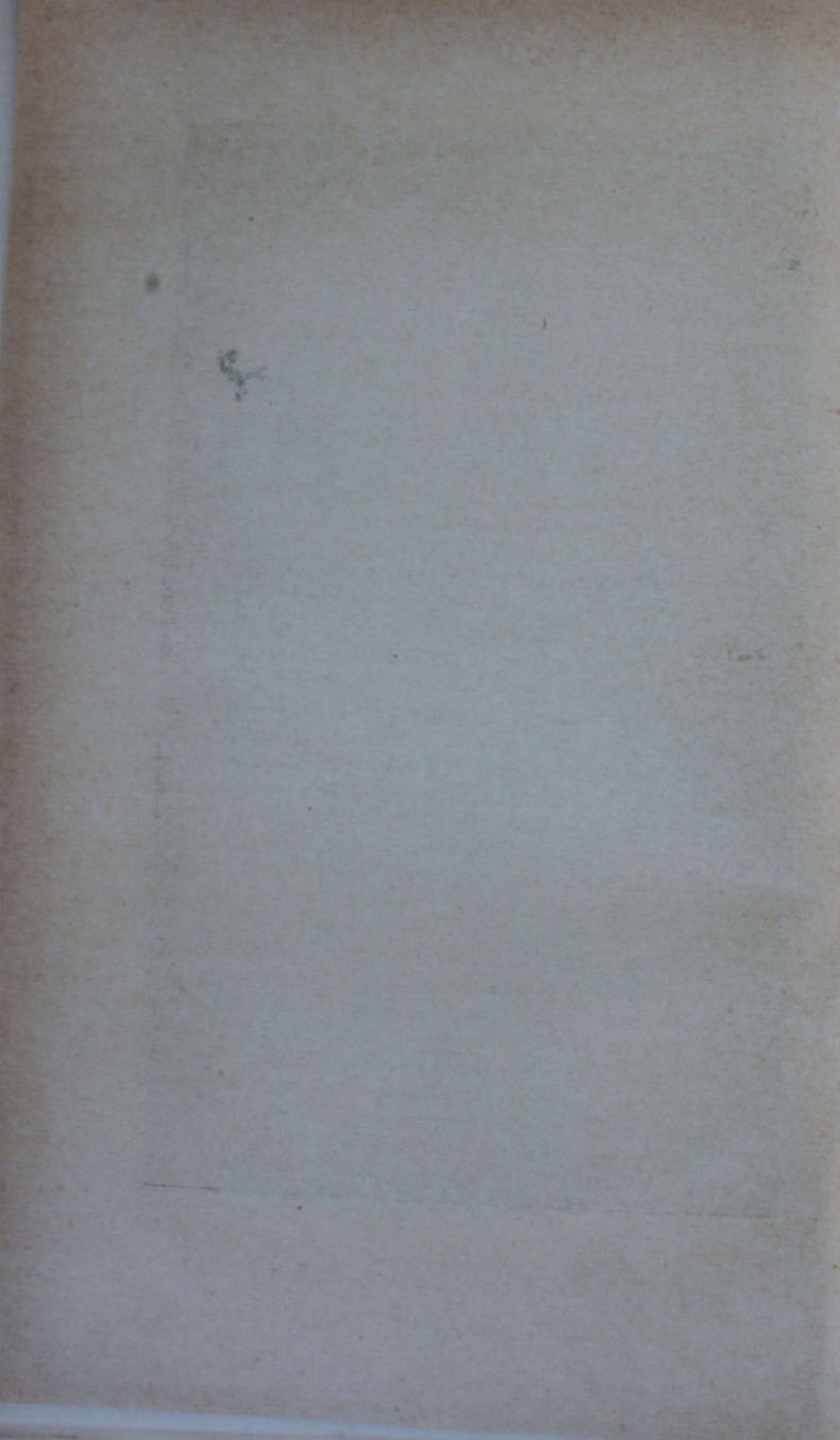
Aujourd'hui encore, on repousse très habituellement la plus importante conséquence de la théorie de la descendance, c'est-à-dire l'évolution paléontologique de l'homme à partir des mammifères pithécoïdes et même plus généralement des mammifères inférieurs; l'on tient pour impossible une telle métamorphose des formes organiques. Mais, je vous le demande, l'évolution individuelle de l'homme, que je viens de vous retracer à grands traits, est-elle moins étonnante? N'est-il pas extrêmement remarquable que les vertébrés des classes les plus diverses, poissons amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères, ne se puissent distinguer les uns des autres, justement au début de leur évolution embryonnaire, et que, beaucoup plus tard, quand déjà les reptiles et les oiseaux se différencient nettement des mammifères, le chien et l'homme soient encore presque identiques? En vérité, si l'on compare entre elles ces deux séries évolutives et si l'on se demande laquelle des deux est la plus merveilleuse, on conviendra qu'il y a plus de mystère dans l'ontogénie, c'est-à-dire dans le développement court et rapide de l'individu, que dans la phylogénie, c'est-à-dire dans la lente et graduelle évolution généalogique. Il s'agit, en définitive, d'une métamorphose identiquement la même; mais cette métamorphose s'opère dans le second cas à travers des mil-



a. Cerveau antérieur. — 2. Cerveau intermédiaire. —
 m. Cerveau moyen. — h. Cerveau postérieur. — n. Arrière cerveau.
 — w. Vertèbres. — r. Moëlle épinière.



n a. Nez. — *a*. Œil. — *o*. Oreille. — *k¹k²k³* Arcs branchiaux.
s. Queue — *bv*. Membre antérieur. — *bh*. Membre postérieur



liers d'années; dans le premier, en quelques mois. Évidemment, cette métamorphose si surprenante, si rapide, de l'individu dans l'ontogénèse, cette métamorphose que nous pouvons à chaque instant constater par l'observation directe, est bien plus incompréhensible, bien plus étonnante que la métamorphose analogue, mais lente et graduelle, subie dans la phylogénèse par la longue série ancestrale de l'individu.

Les deux séries de développement organique, l'ontogénèse de l'individu et la phylogénèse du groupe, auquel il appartient, sont étiologiquement liées de la façon la plus intime. J'ai tâché d'exposer en détail cette théorie, selon moi d'une extrême importance, dans le deuxième volume de ma *Morphologie générale* (4), et dans mon *Anthropogénie* (56) j'en ai fait l'application à l'homme. Comme je l'ai dit alors, l'ontogénèse, ou l'évolution individuelle, est une courte et rapide récapitulation de la phylogénèse, ou du développement du groupe correspondant, c'est-à-dire de la chaîne ancestrale de l'individu, et cette ontogénèse s'effectue conformément aux lois de l'hérédité et de l'adaptation. (*Morph. gén.*, II, p. 110-147, 371.) Cette proposition fondamentale est la loi générale la plus capitale de l'évolution organique; c'est la loi biogénétique fondamentale.

Cette connexité intime de l'ontogénie et de la phylogénie est une des preuves les plus capitales et les plus irréfutables de la théorie de la descendance. C'est seulement en invoquant les lois de l'hérédité et de l'adaptation qu'il est possible d'expliquer ces faits. Il faut surtout recourir aux lois que nous avons appelées *lois de l'hérédité abrégée, simultanée et avec identité de siège*. Quand un organisme élevé et compliqué, comme l'organisme humain ou celui de tout autre mammifère, d'abord simple amas cellulaire, s'élève, progresse, en se différenciant et se perfectionnant de plus en plus, il parcourt la même série de métamorphoses que, durant un laps de temps incommensurable, ses ancêtres ont parcouru avant lui. J'ai déjà dit précédemment quelques mots de ce parallélisme si important entre les deux évolutions individuelle et collective. Certaines phases primordiales du développement humain correspondent absolument à certaines conformations qui persistent toute la vie chez les poissons inférieurs. Puis l'organisation, d'abord pisciforme, devient amphibie. C'est beaucoup plus tardivement qu'apparaissent les caractères particuliers aux mammifères: l'on peut ainsi reconnaître, dans

cette série de phases évolutives successives, les différents degrés d'un développement progressif qui correspondent évidemment aux particularités distinctives des divers ordres et familles de mammifères. De même aussi nous voyons les ancêtres de l'homme et des mammifères supérieurs se succéder dans le même ordre généalogiquement : les poissons apparaissent les premiers, puis viennent les amphibiens, plus tard les mammifères inférieurs et enfin les mammifères supérieurs. Ici encore il y a parallélisme parfait entre l'évolution embryologique de l'individu et l'évolution paléontologique du groupe entier auquel il appartient; et ce fait si intéressant, si capital, ne saurait s'expliquer que par l'action combinée des lois de l'hérédité et de l'adaptation.

Le parallélisme paléontologique et embryologique, que nous venons de citer, nous conduit à remarquer une troisième série évolutive étroitement reliée aux deux premières, et qui, d'une manière générale, leur est également parallèle. J'entends parler de cette série de formes évolutives, dont s'occupe l'anatomie comparée, et que j'appellerai *évolution systématique* ou *spécifique*. Je désigne par cette expression l'ensemble de ces formes diverses, mais pourtant analogues et reliées l'une à l'autre, qui coexistent à un moment donné de l'histoire géologique, par exemple à notre époque. Quand l'anatomie comparée rapproche entre elles les diverses formes achevées des organismes, elle s'efforce d'en dégager le type commun empreint dans toutes ces formes analogues, espèces, genres, classes, etc., mais que la différenciation a seulement plus ou moins voilée. Elle tâche de construire l'échelle du progrès réalisé par les divers degrés de perfectionnement des rameaux divergents du groupe. Pour ne pas sortir de l'exemple que nous avons choisi, disons que l'anatomie comparée nous montre comment les organes isolés et les systèmes d'organes du groupe vertébré se sont inégalement différenciés et perfectionnés dans les diverses classes, familles et espèces de ce groupe. Elle nous explique comment la série des classes vertébrées s'élève des poissons aux mammifères en passant par les amphibiens; comment, parvenue à cette classe, elle forme une échelle ascendante des ordres de mammifères inférieurs aux ordres supérieurs. Cette tendance à déterminer une série bien liée de développement anatomique, nous les rencontrons dans les travaux de tous les maîtres en anatomie comparée, à toutes les époques, dans les

travaux de Gœthe, Meckel, Cuvier, Jean Müller, Gegenbaur et Huxley (5).

La série évolutive des formes achevées, dont l'anatomie comparée démontre l'existence dans les divers degrés de divergence et de progrès du système organique, cette série, que nous avons appelée série du développement systématique, est parallèle à la série d'évolution paléontologique, puisqu'elle embrasse le résultat anatomique de cette dernière; elle est aussi parallèle à la série d'évolution individuelle, puisque celle-ci est elle-même parallèle à la série paléontologique. En effet, deux lignes parallèles à une troisième sont parallèles entre elles.

La différenciation multiforme et l'inégal degré de perfectionnement, que l'anatomie comparée démontre exister dans la série évolutive taxinomique, sont essentiellement dus à la diversité croissante des conditions d'existence auxquelles les différents groupes ont dû s'adapter dans la lutte pour l'existence, et aussi à l'inégale promptitude, à l'inégale perfection, avec lesquelles cette adaptation s'est effectuée. Les groupes conservateurs, ceux qui ont gardé avec le plus de ténacité les particularités acquises, restent stationnaires, par cela même, au degré d'évolution le plus bas et le plus rudimentaire. Les groupes, chez qui un progrès multiforme s'est effectué le plus rapidement possible, ceux qui se sont adaptés avec le plus d'empressement aux conditions plus complexes de l'existence, ceux-là atteignent le plus haut degré de perfection. Plus le monde organique s'est développé à travers les périodes géologiques, plus cette divergence entre les groupes inférieurs conservateurs et les groupes supérieurs progressifs a dû grandir. Il en est de même, comme chacun sait, dans l'histoire des peuples.

Cela nous explique pourquoi, ainsi qu'on l'a constaté, les groupes animaux et végétaux les plus parfaits atteignent le plus haut degré de développement dans un temps relativement court, tandis que les groupes les plus inférieurs, les plus conservateurs, restent immobiles à travers la longue série des siècles sur l'échelon inférieur qu'ils occupaient dans l'origine, ou ne progressent que peu à peu avec une extrême lenteur. La même loi se manifeste nettement dans la série ancestrale de l'homme. Les requins actuels se rapprochent encore beaucoup des poissons primitifs, figurant parmi les plus anciens ancêtres vertébrés de l'homme; de même les amphibiens actuels les plus inférieurs (protées et salamandres)

tiennent de très près aux amphibiens issus de ces poissons primitifs. De même encore les ancêtres plus récents de l'homme, les monotrèmes et les marsupiaux, les plus anciens de tous les mammifères sont aussi les plus imparfaits des mammifères actuels. Les lois d'hérédité et d'adaptation, à nous bien connues, suffisent pleinement à rendre raison de ce fait capital, que l'on peut appeler *le parallélisme des évolutions individuelle, paléontologique et taxinomique du progrès et de la différenciation*. Quel adversaire de la théorie de la descendance est capable d'expliquer ces faits si remarquables ? Mais la théorie de la descendance en rend très bien raison en invoquant les lois de l'hérédité et de l'adaptation ?

Si l'on saisit bien toute la portée de ce parallélisme dans les trois séries d'évolution organique, on admettra plus facilement encore le corollaire explicatif suivant. L'ontogénie, ou l'histoire du développement individuel de chaque organisme (embryologie et métamorphologie), forme une chaîne simple, non ramifiée, une échelle ; il en est de même de la partie de la phylogénie, qui comprend l'évolution paléontologique des ancêtres *directs* de tout organisme individuel. Au contraire, la phylogénie tout entière qui se manifeste à nos yeux dans la classification systématique de tout groupe organique ou *phylum*, et qui comprend le développement paléontologique de toutes les branches de ce groupe, cette phylogénie forme une série évolutive ramifiée, un véritable arbre généalogique. Comparez entre eux les divers rameaux de cet arbre généalogique, et disposez-les l'un près de l'autre d'après leur degré de différenciation et de perfectionnement, vous obtiendrez ainsi la série évolutive taxinomique et ramifiée à l'anatomie comparée. Cette dernière série, si on l'établit exactement, est aussi parallèle à la phylogénie tout entière, mais elle ne l'est que partiellement à l'ontogénie ; c'est qu'en effet l'ontogénie est, elle aussi, parallèle seulement à une partie de la phylogénie.

Tous les faits d'évolution organique indiqués dans les pages précédentes, particulièrement le triple parallélisme généalogique ainsi que les lois de différenciation et de progrès visibles dans ces trois séries, en y ajoutant le groupe entier des organes rudimentaires, sont évidemment des preuves extrêmement fortes en faveur de la vérité de la théorie généalogique. Cette théorie peut seule en rendre raison, tandis que ses adversaires sont impuissants à

en donner la moindre explication. Sans le secours de cette doctrine, les faits d'évolution organique sont incompréhensibles. Force nous serait donc d'adhérer à la théorie de la descendance de Lamarck, quand même nous n'aurions pas son complément, la théorie darwinienne de la sélection.

TREIZIÈME LEÇON

**Théorie évolutive de l'univers et de la terre.
Génération spontanée. — Théorie du carbone. — Théorie
des plastides.**

Histoire de l'évolution terrestre. — Théorie Kantienne de l'évolution de l'univers, ou théorie cosmologique des gaz. — Évolution du soleil, des planètes et de la lune. — Origine première de l'eau. — Comparaison des organismes et des inorganismes. — Matière organique et matière inorganique. — Degrés de densité ou états d'agrégation. — Combinaisons carbonées albuminoïdes. — Formes organiques et inorganiques. — Cristaux et organismes sans organes ou sans structure. — Forces organiques ou inorganiques. — Force vitale. — Croissance et adaptation dans les cristaux et dans les organismes. — Force formatrice du cristal. — Unité de la nature organique et inorganique. — Génération spontanée ou archigonie. — Autogonie et plasmagonie. — Origine des monères par génération spontanée. — Origine des cellules des monères. — Théorie cellulaire. — Théorie des plastides. — Plastides ou matériaux organiques modelés. — Cytodes et cellules. — Quatre différentes espèces de plastides.

Messieurs, dans les considérations précédentes, nous avons surtout cherché à expliquer comment de nouvelles espèces animales et végétales pouvaient provenir des espèces existantes. Invoquant la théorie de Darwin, nous avons résolu le problème, en disant que la sélection naturelle dans la lutte pour l'existence, c'est-à-dire l'action combinée des lois d'hérédité et d'adaptation, suffisait pleinement à produire mécaniquement l'infinie variété des divers animaux et végétaux organisés en apparence d'après un plan prémédité. En suivant cette exposition, vous vous serez sans doute déjà maintes fois posé la question suivante : Mais comment sont nés les premiers organismes ou l'organisme ancestral originel dont nous descendons tous ?

Lamarck a répondu à cette question (2) par l'hypothèse de la génération spontanée ou archigonie. Au contraire, Darwin glisse

sur ce point, en disant expressément « qu'il ne s'occupe ni de l'origine des forces fondamentales de l'intelligence ni de celles de la vie ». A la fin de son livre, il s'exprime à ce sujet en ces termes : « J'admets que vraisemblablement tous les êtres organisés, ayant vécu sur la terre, descendent d'une forme primitive quelconque que le Créateur a animée du souffle de la vie. » En outre, pour tranquilliser ceux qui voient dans la théorie de la descendance « la destruction de l'ordre moral tout entier », Darwin s'en réfère à un célèbre écrivain ecclésiastique, qui lui avait écrit : « Je me suis convaincu peu à peu que croire à la création d'un petit nombre de types primitifs, susceptibles de se transformer par évolution spontanée en d'autres formes nécessaires, ce n'est pas se faire de la divinité une idée moins élevée que de la supposer contrainte à recourir sans cesse à de nouveaux actes créateurs, pour combler les vides résultant du jeu même des lois qu'elle a établies. » Ceux dont le cœur a besoin de croire à une création surnaturelle pourront trouver un refuge dans cette interprétation. On peut concilier cette croyance avec la théorie de la descendance; en effet, créer un seul organisme primitif capable d'engendrer tous les autres par hérédité et adaptation est réellement plus digne de la puissance et de la sagesse du Créateur que de supposer qu'il a créé successivement et une à une les nombreuses espèces dont la terre est peuplée.

Attribuer l'origine des premiers organismes terrestres, pères de tous les autres, à l'activité voulue et combinée d'un créateur personnel, c'est renoncer à en donner une explication scientifique, c'est quitter le terrain de la vraie science pour entrer dans le domaine de la croyance poétique, qui en est absolument distinct. Admettre un créateur surnaturel, c'est se plonger dans l'Inintelligible. Mais, avant de nous résoudre à ce pas décisif, avant de renoncer ainsi à toute interprétation scientifique de l'origine des organismes, notre devoir est d'essayer d'expliquer cette origine par hypothèse mécanique. Il est nécessaire d'examiner si réellement ces phénomènes sont si merveilleux, de voir si nous ne pouvons expliquer l'origine de ce premier organisme tout naturellement, par une théorie acceptable. Dans ce cas, il faudrait renoncer au miracle de la création.

Pour cela nous devons remonter bien plus haut, étudier la cosmogonie naturelle de la terre, et même tracer à grands traits la cosmogonie naturelle de l'univers entier. Vous savez tous que,

de la constitution actuelle de la terre, on a tiré une conclusion jusqu'à présent non réfutée, savoir : que l'intérieur de notre globe est en fusion et que l'enveloppe solide, formée de couches superposées, à la surface de laquelle vivent les êtres organisés, n'est qu'une croûte mince, une écorce enveloppant un noyau incandescent. Des observations, des déductions de toute nature, toutes concordantes entre elles, justifient cette manière de voir. Il faut citer tout d'abord le fait de l'élévation de la température, à mesure qu'on pénètre vers le centre du globe. Plus on descend, et plus la température s'élève en suivant la proportion régulière d'environ un degré pour une profondeur de 100 pieds. A une profondeur de 6 milles, il y aurait déjà une température de 1.500°, suffisante pour maintenir en fusion la plupart des matériaux solides de l'écorce terrestre. Mais cette profondeur de 6 milles est seulement la 286^e partie du diamètre terrestre (1.717 milles). Nous savons encore que les sources provenant d'une certaine profondeur ont une température très élevée et parfois même jaillissent bouillantes à la surface du sol. Citons enfin, à titre de témoignages importants, les phénomènes volcaniques, l'éruption de matières minérales en fusion par certaines fissures de l'écorce terrestre. Tous ces faits permettent de conclure sûrement que l'écorce terrestre solide ne constitue qu'une faible fraction, pas même la millième partie du diamètre terrestre, et que la terre est encore aujourd'hui en majeure partie à l'état de matière en fusion.

En appliquant cette hypothèse à l'histoire de l'évolution du globe terrestre, nous sommes amenés à faire encore un pas en avant, à supposer qu'autrefois la terre entière a été en fusion, et que cette formation d'une mince écorce solide fut un phénomène consécutif. D'abord la surface du globe incandescent s'est épaissie peu à peu, en se refroidissant par le rayonnement de cette chaleur intense dans les espaces célestes, relativement glacés, et il se forma une mince écorce. Nombre de faits prouvent que la température terrestre était, dans le principe, beaucoup plus élevée. On peut invoquer, par exemple, la distribution uniforme des organismes dans les premiers âges géologiques. Aujourd'hui les diverses zones terrestres ont chacune une population animale et végétale spéciale, correspondant à la diversité des températures moyennes; or, il en était tout autrement d'abord, et la distribution des fossiles, durant les cycles écoulés nous montre que ce fut

très tardivement, à une période relativement récente de l'histoire organique terrestre, au début de l'âge cénoolithique ou tertiaire, que se produisit la différenciation des zones et de leurs populations correspondantes. Pendant l'énorme durée des âges primaire et secondaire, les plantes dites tropicales, à qui une température élevée est nécessaire, vivaient non seulement dans les zones actuellement chaudes, dans les zones équatoriales, mais aussi dans les zones actuellement tempérées et froides. Bien d'autres faits dénotent qu'il s'est produit un graduel abaissement de la température du globe terrestre en général et surtout un refroidissement consécutif de l'écorce terrestre des régions polaires. Dans ses remarquables recherches sur les lois de l'évolution du monde organique, Bronn (19) a réuni les nombreuses preuves géologiques et paléontologiques de ce fait.

Toutes ces preuves, que vient appuyer l'astronomie mathématique du système de l'univers, servent de base à la théorie, qui nous montre la terre à l'état de globe en fusion, incandescent, à une époque infiniment lointaine, bien antérieurement à l'apparition des êtres organisés. Mais, d'autre part, cette théorie est d'accord avec la théorie grandiose de Kant sur l'origine du système du monde et particulièrement de notre système planétaire. En 1755, notre philosophe critique Kant (22) construisit, d'après des faits mathématiques et astronomiques, cette théorie plus explicitement formulée par les célèbres mathématiciens Laplace et Herschell. Aujourd'hui encore cette cosmogonie, ou théorie de l'évolution de l'univers, a conservé presque toute sa valeur; nulle autre théorie préférable ne l'a supplantée, et les mathématiciens, les astronomes et les géologues ont travaillé à l'étayer de preuves toujours plus nombreuses et plus solides.

Selon la cosmogonie de Kant, à un moment infiniment lointain de sa durée, tout l'univers était un *chaos gazeux*. Les matériaux, qui actuellement sont à divers degrés de solidité soit sur la terre, soit sur les autres astres, les agrégats solides, demi-solides, liquides, élastiques ou gazeux, qui depuis lors se sont différenciés, étaient à l'origine confondus en une masse homogène remplissant l'univers et maintenue à un état d'extrême ténuité par une température excessivement élevée. Les millions d'astres groupés maintenant en systèmes solaires n'existaient pas encore. Ils naquirent par suite d'un mouvement général de rotation, pendant la durée duquel un certain nombre de masses plus solides que le

reste de la substance gazeuse agirent dès lors et se condensèrent sur elle, comme centres d'attraction. Ainsi le nuage chaotique primitif ou gaz cosmique se partagea en un certain nombre de nébuleuses sphériques, animées d'un mouvement de rotation et se condensant de plus en plus. Notre système solaire fut une de ces énormes nébuleuses, dont les parties s'ordonnèrent et gravitèrent autour d'un centre commun, le noyau solaire. Cette nébuleuse prit, comme toutes les autres, en vertu de son mouvement rotatoire, la forme d'un sphéroïde, d'une boule aplatie.

Tandis que la force centripète attirait toujours vers le centre immobile les molécules entraînées dans le mouvement de rotation et condensait de plus en plus la nébuleuse, la force centrifuge, au contraire, tendait à écarter du centre les molécules périphériques et à les disséminer au loin. C'était dans la zone équatoriale de cette sphère aplatie aux pôles, que la force centrifuge avait le plus de puissance : aussi, dès qu'en vertu de la condensation croissante, elle put l'emporter sur la force centripète, des anneaux nébuleux se séparèrent de la sphère tournante dans cette région équatoriale. Ces anneaux nébuleux dessinaient l'orbite des futures planètes. Peu à peu la masse nébuleuse des anneaux se condensa en planètes, tournant elles-mêmes sur leur axe, tout en gravitant autour du corps central. De nouveaux anneaux nébuleux se détachèrent exactement de la même manière de la masse planétaire, dès que la force centrifuge l'emporta de nouveau sur la force centripète, et ces anneaux tournèrent autour des planètes, comme celles-ci tournaient autour du soleil. Ainsi se formèrent les lunes : une seule pour la Terre, quatre pour Jupiter et six pour Uranus. Aujourd'hui encore, l'anneau de Saturne nous représente une lune à cette phase primitive de son évolution. A mesure que l'abaissement de température augmentait, ces phénomènes si simples de condensation et de dispersion se répétaient un plus grand nombre de fois, et ainsi naquirent les divers systèmes solaires, les planètes et leurs satellites ou lunes, les unes gravitant circulairement autour de leur soleil central et les autres tournant autour de leurs planètes.

Peu à peu, par les progrès du refroidissement et de la condensation, les astres animés d'un mouvement de rotation passèrent de l'état gazeux primitif à celui de corps en fusion. Par le fait même de cette condensation croissante, une grande quantité de chaleur se dégagait, et tous ces corps, entraînés par la gravitation,

soleils, planètes, lunes, devinrent des globes incandescents, semblables à d'énormes gouttes de métal en fusion, rayonnant de la chaleur et de la lumière. A cause de la déperdition de chaleur due à ce rayonnement, la masse en fusion se condensa encore, et il se forma à la surface de la sphère incandescente une mince couche solide. Pour tous ces phénomènes, la terre, notre mère commune, n'a pas dû différer notablement des autres corps célestes.

Le but spécial de ces leçons ne nous prescrit pas d'exposer en détail « l'histoire de la création naturelle de l'univers », de passer en revue les divers systèmes solaires et planétaires, et d'énumérer toutes les preuves mathématiques, astronomiques et géologiques, sur lesquelles repose cette grande conception cosmique. Je me bornerai donc aux données générales ci-dessus exposées, et, pour plus de détail, je vous renvoie à l'*Histoire générale de la nature* et à la *Théorie du ciel* de Kant (22), ainsi qu'à l'excellent ouvrage *Création et Extinction* de Carus Sterne (26). J'ajouterai cependant que cette admirable théorie, à laquelle on pourrait donner le nom de *théorie cosmologique gazeuse*, s'accorde jusqu'ici avec l'ensemble des faits généraux connus et n'est absolument inconciliable avec aucun d'eux. En outre, cette théorie est purement mécanique ou monistique; elle invoque seulement les forces inhérentes à la matière éternelle et exclut entièrement tout phénomène surnaturel, toute activité voulue et consciente d'un créateur personnel. La théorie cosmologique gazeuse occupe donc dans l'anorganologie et spécialement dans la géologie une place aussi importante que la théorie généalogique de Lamarck en biologie et en anthropologie; comme cette dernière, elle est le couronnement de notre ensemble de connaissances. Ces théories s'appuient exclusivement l'une et l'autre sur des causes premières, mécaniques et inconscientes (*causæ efficientes*), jamais sur des causes conscientes, poursuivant un but (*causæ finales*). Toutes les deux par conséquent satisfont aux conditions d'une théorie scientifique et conserveront toute leur valeur, tant qu'elles n'auront pas été remplacées par une théorie préférable.

J'avouerai néanmoins qu'il y a dans la cosmogonie grandiose de Kant un côté faible, qui ne nous permet pas de l'accepter sans restriction comme la théorie de la descendance de Lamarck. Il y a des difficultés aussi grandes que variées à admettre l'idée d'un chaos gazeux primitif remplissant l'univers; mais une difficulté plus

grande et plus insoluble encore, c'est que la théorie cosmologique des gaz ne nous explique en rien la première impulsion, qui imprima un mouvement rotatoire à la masse gazeuse remplissant l'univers. En cherchant cette impulsion première, nous sommes involontairement conduits à songer à « un premier commencement ». Mais, quand il s'agit du mouvement éternel de l'univers, un *premier commencement* est aussi peu concevable qu'un arrêt définitif.

Dans l'espace et dans le temps, l'univers est sans bornes et sans mesure. Il est éternel ; il est indéfini ; et, en ce qui touche le mouvement ininterrompu, entraînant les molécules de l'univers, nous ne pouvons songer ni à un commencement ni à une fin. Les lois de la *conservation de la force* et de la *conservation de la matière* sur lesquelles repose toute notre conception de la nature nous interdisent toute autre manière de voir. Le monde, en tant qu'objet de la connaissance humaine, nous offre le spectacle d'un enchaînement continu de mouvements matériels entraînant avec eux un perpétuel changement de formes. Toute forme étant le résultat fugitif d'une somme de mouvements est à ce titre périssable et d'une durée limitée. Mais, en dépit des perpétuels changements des formes, la matière et la force, qui lui est inhérente, demeurent éternelles et indestructibles.

Bien que la théorie cosmologique gazeuse de Kant ne puisse nous motiver d'une manière satisfaisante le mouvement évolutif de l'univers entier au delà du chaos gazeux, bien qu'on lui puisse objecter de nombreuses et graves difficultés surtout au point de vue chimique et géologique, pourtant elle a le grand mérite d'expliquer très bien par évolution tout le système du monde observé, ainsi que l'anatomie des systèmes solaires et spécialement de notre planète. Peut-être en réalité cette évolution a-t-elle été tout autre ; peut-être, comme l'a prétendu Radenhausen, l'ingénieur auteur d'« Isis » et d'« Osiris » (33), les planètes et notre terre sont-elles nées par l'agrégation de petites météorites dispersées en nombre indéfini dans tout l'espace cosmique, ou de toute autre façon. Mais jusqu'ici personne encore n'a pu nous donner une théorie évolutive rivale de celle-là, ni remplacer la cosmogonie de Kant par une théorie préférable.

Après ce coup d'œil d'ensemble jeté sur la cosmogonie monistique ou l'histoire naturelle de l'évolution de l'univers, revenons à une infiniment petite partie de cet univers, à notre terre mater-

nelle, que nous avons laissée à l'état de globe incandescent, aplati aux pôles et recouvert d'une mince écorce solide, due à son refroidissement. La première croûte solidifiée revêtait toute la superficie du sphéroïde terrestre d'une enveloppe unie et continue. Mais bientôt cette surface devint raboteuse et inégale. Par les progrès du refroidissement, le noyau incandescent se condensait, se contractait de plus en plus, d'où un raccourcissement du diamètre terrestre; or, l'écorce mince et rigide, qui ne pouvait suivre dans son mouvement le retrait du noyau fluide, se fendit en maint endroit. Sans la pression atmosphérique, qui sans cesse refoulait cette écorce, il se serait formé un espace vide entre elle et le noyau. D'autres inégalités provinrent vraisemblablement de ce qu'en différents points l'écorce refroidie se fêla, se fissura en se solidifiant. Par ces fissures, la substance du noyau incandescent jaillit de nouveau et se solidifia à son tour. Ainsi se formèrent de bonne heure maintes saillies et dépressions, qui furent les premières assises des montagnes et les premiers rudiments des vallées.

Une fois la température du globe terrestre abaissée jusqu'à un certain degré, un phénomène nouveau et très important se produisit, je veux parler de la *première apparition de l'eau*. Jusqu'alors l'eau avait flotté à l'état de vapeur au sein de l'atmosphère. Évidemment, pour que l'eau pût passer à l'état liquide, il fallait que la température atmosphérique s'abaissât notablement. Alors commença un autre remaniement de la surface terrestre par l'action de l'eau. En tombant sous la forme d'une pluie perpétuelle, cette masse d'eau délayait, en les nivelant, les saillies de l'écorce terrestre; le limon ainsi entraîné comblait les vallées; il se déposait par couches et constituait ces énormes formations neptuniennes de l'écorce terrestre, qui, depuis, ont grandi sans interruption et sur lesquelles nous reviendrons avec plus de détail dans la prochaine leçon.

Quand l'écorce terrestre fut ainsi refroidie, quand l'eau s'y fut condensée à l'état liquide, quand la croûte terrestre, jusqu'alors aride, fut recouverte d'eau liquide, alors apparurent les premiers organismes. En effet, tous les animaux, toutes les plantes, tous les organismes en général sont constitués en grande partie ou même en majeure partie par de l'eau à l'état liquide, qui se combine d'une manière spéciale avec les autres matériaux et les maintient à l'état d'agrégats semi-fluides. De ces données géné-

rales de l'histoire terrestre inorganique nous pouvons déduire un fait important, c'est que la vie a commencé sur la terre à un moment déterminé, que les organismes terrestres n'ont pas toujours existé, mais sont nés à un certain moment.

Demandons-nous maintenant comment nous devons nous figurer cette origine des premiers organismes. Aujourd'hui encore la plupart des naturalistes, une fois parvenus à ce point, sont tentés de renoncer à toute explication naturelle et de chercher un refuge dans le miracle d'une création incompréhensible. Par là, comme nous l'avons déjà fait remarquer, ils mettent le pied hors du domaine de l'histoire naturelle et renoncent à poursuivre plus loin l'enchaînement des faits de cette science. Pour nous, avant de perdre ainsi courage, avant de faire ce pas décisif, avant de désespérer d'avoir jamais une notion claire sur ce fait capital, nous voulons du moins essayer de l'expliquer. Voyons si réellement l'origine d'un premier organisme naissant de la matière inorganique, la génération d'un corps vivant par la matière sans vie, sont des phénomènes inconcevables et en dehors de toute expérience connue. En un mot, examinons la question de la génération spontanée ou archigonie. Avant tout, il importe de déterminer les propriétés fondamentales des corps dits privés de vie ou inorganiques et des corps vivants ou organiques ; il faut discerner ce qui est commun aux deux espèces de corps et ce qui est spécial à chacun d'eux. Il est d'autant plus nécessaire d'insister ici sur cette comparaison entre les organismes et les inorganismes, qu'elle est habituellement négligée, quoiqu'elle soit indispensable pour se faire une idée juste, unitaire ou monistique, de l'ensemble de la nature. Notre premier soin devra être d'examiner isolément les trois propriétés fondamentales de tout corps, savoir : la matière, la forme et la force. Commençons par la matière. (*Morph. gén.*, I. 411.)

Grâce à la chimie, nous sommes parvenus à réduire tous les corps connus à un petit nombre d'éléments ou matériaux primordiaux, non décomposables, par exemple, en carbone, oxygène, azote, soufre, et en divers métaux : potassium, sodium, fer, or, etc. On compte aujourd'hui environ de soixante-quatre à soixante-six de ces éléments ou matériaux primordiaux. La plupart d'entre eux sont rares et peu importants ; quelques-uns sont fort répandus et constituent non seulement la plupart des inorganismes, mais même tous les organismes. Si nous comparons maintenant ces

éléments, qui constituent le corps des organismes, avec ceux qui se trouvent dans les inorganismes, nous noterons d'abord un fait bien important, c'est qu'il n'existe dans les animaux et les végétaux aucune matière primordiale qui ne se retrouve dans la nature privée de vie. Il n'y a pas d'éléments ou de matériaux primordiaux organiques. Les différences chimiques et physiques entre les organismes et les anorganismes ne reposent pas sur la diversité de nature de leurs matériaux primordiaux, mais bien sur des modes spéciaux de combinaison chimique de ces éléments premiers. De cette diversité dans les modes de combinaison résultent, en effet, certaines particularités physiques, notamment en ce qui concerne la densité des matériaux, et ces particularités semblent, au premier abord, creuser un abîme entre les deux catégories des corps. Les corps constitués inorganiquement, sans vie, ont ce degré de densité que nous appelons solide, comme les cristaux, les pierres amorphes ; ou bien ils sont à l'état liquide, comme l'eau ; ou bien enfin ils se présentent à l'état gazeux. Vous savez que ces trois divers degrés de densité, que ces modes d'agrégation ne tiennent en aucune façon à la diversité des éléments constituants, mais dépendent du degré de la température. Tout corps anorganique solide peut, par suite de l'élévation de la température, passer d'abord à l'état liquide ou de fusion ; puis, par le fait d'une température plus élevée encore, revêtir l'état gazeux ou élastique. De même tout corps gazeux peut, par un abaissement convenable de la température, passer d'abord à l'état liquide, puis à l'état solide.

A côté de ces trois modes de densité des inorganismes, tous les corps vivants, animaux et végétaux, nous offrent un quatrième mode d'agrégation tout spécial. Ce n'est ni la solidité de la pierre ni la liquidité de l'eau, mais bien un état intermédiaire, semi-solide ou semi-fluide. Dans tous les corps vivants sans exception, une certaine quantité d'eau est unie d'une manière toute spéciale aux matériaux solides ; c'est même de cette union caractéristique de l'eau avec les matières organiques que provient cet état, ni solide ni fluide, qui joue un si grand rôle dans l'explication des phénomènes de la vie. C'est dans les propriétés physiques et chimiques de l'une des substances primordiales, indécomposables, du carbone, qu'il faut chercher la raison essentielle de cet état. (*Morph. gén.*, 122-130.)

De tous les éléments, le carbone est pour nous de beaucoup le plus intéressant, le plus important ; car, dans tous les corps

animaux et végétaux, cette matière primordiale joue le rôle principal. C'est cet élément, qui, par cette tendance spéciale à former avec les autres éléments des combinaisons complexes, produit une grande diversité dans la constitution chimique, et par suite, dans les formes et les propriétés vitales des animaux et des plantes. La propriété caractéristique du carbone, c'est de pouvoir se combiner avec les autres éléments, dans des proportions infiniment variées en nombre et en poids. C'est par la combinaison du carbone avec les trois autres éléments, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote, auxquels il faut ajouter le plus souvent le soufre et aussi le phosphore, que naissent ces combinaisons extrêmement importantes, ce premier et indispensable substratum de tous les phénomènes vitaux, je veux parler des composés albuminoïdes (matières protéiques). Déjà, en nous occupant des monères, nous avons constaté l'existence d'organismes extrêmement simples, dont le corps, même bien développé, se compose seulement d'un petit grumeau semi-solide, albuminoïde ; ce sont là des organismes extrêmement précieux pour se rendre compte de l'origine de la vie. Mais, à un moment de leur existence, quand ils sont encore à l'état d'ovules ou de cellules germinatives, la plupart des autres organismes sont aussi, essentiellement, de simples petits grumeaux de cette substance albuminoïde, plasma ou protoplasma. Ils diffèrent alors des monères seulement en ce que, dans l'intérieur du corpuscule albuminoïde, le noyau (*nucleus*) se distingue de la matière cellulaire ambiante. Comme nous l'avons déjà remarqué précédemment, ces cellules d'une texture si simple sont des citoyens, qui, par le concert de leur action et la division de leur travail, font des organismes les plus parfaits un état cellulaire républicain. Grâce à l'activité de ces corpuscules albuminoïdes, les formes complexes et les phénomènes vitaux des organismes supérieurs parviennent à se réaliser.

C'est pour la biologie moderne et spécialement pour l'histologie un bien grand triomphe que d'avoir ramené à ces éléments matériels le miracle des phénomènes vitaux et d'avoir démontré que les propriétés physiques et chimiques infiniment variées et complexes des corps albuminoïdes sont les causes essentielles des phénomènes organiques ou vitaux. Toutes les formes organiques si diverses sont, en premier lieu et immédiatement, le résultat de l'association des divers types de cellules. Les dissemblances infiniment nombreuses dans la forme, le volume, le groupement des cellules

résultent uniquement d'une lente division du travail, d'un lent perfectionnement des particules plasmiques, simples et homogènes, qui, dans le principe, étaient les seuls représentants de la vie cellulaire. D'où il suit nécessairement que les phénomènes primordiaux de la vie organique, la nutrition et la reproduction, que leurs manifestations soient complexes ou simples, peuvent se ramener à la constitution matérielle de cette substance plasmique albuminoïde, du plasma. Ce sont là deux activités vitales dont toutes les autres se sont dégagées peu à peu. L'explication générale de la vie n'est donc pas plus difficile pour nous maintenant que celle des propriétés physiques des corps inorganiques. Tous les phénomènes vitaux, tous les faits de l'évolution des organismes dépendent étroitement de la constitution chimique et des forces de la matière organique, comme les phénomènes vitaux des cristaux inorganiques, c'est-à-dire leur croissance, leurs formes spécifiques, dépendent de leur composition chimique et de leur état physique. Certainement, dans un cas comme dans l'autre, les *causes premières* nous sont également cachées. Que l'or et le cuivre cristallisent en octaèdres pyramidaux, le bismuth et l'antimoine en hexaèdres, l'iode et le soufre en rhomboèdres, tout cela n'est pour nous ni plus ni moins mystérieux qu'un phénomène élémentaire quelconque de l'apparition des formes organiques, que la formation spontanée de cellules. Sous ce rapport, encore, nous sommes incapables, quant à présent, de déterminer entre les organismes et les corps anorganiques la distinction fondamentale, si généralement admise autrefois.

Nous avons à examiner, en second lieu, les ressemblances et les dissemblances, qui peuvent se constater dans la formation des corps anorganiques et des corps organiques. (*Morph. gén.*, I, 130.) On alléguait d'abord comme une différence de premier ordre la structure compliquée chez les derniers, simple chez les autres. Les corps de tous les organismes, disait-on, sont composés de parties dissemblables, d'appareils, d'organes concourant tous au but de la vie. Au contraire, les inorganismes les plus parfaits, les cristaux, sont uniquement composés d'une substance homogène. Au premier abord, cette différence semble tout à fait essentielle. Mais elle perd toute son importance par la récente découverte des monères (15). Le corps de ces organismes si simples consiste seulement en une petite masse albuminoïde, amorphe, sans structure; c'est, en réalité, un simple composé chimique, et sa

structure est aussi parfaitement simple que celle du cristalloïde, que ce cristal soit un sel métallique ou un composé siliceux.

Non content d'avoir voulu trouver, dans la structure intime, des différences frappantes entre les organismes et les inorganismes, on en a voulu voir d'autres, dans la forme extérieure, particulièrement dans la configuration mathématique des cristaux. Sans doute, la cristallisation est une propriété qui appartient plus particulièrement aux corps inorganiques. Les cristaux sont limités par des surfaces planes se coupant suivant des lignes droites et des angles constants et mesurables. Au contraire, la forme des animaux et des plantes semble, de prime abord, défier toute détermination géométrique. Le plus souvent, elle est limitée par des surfaces courbes, se coupant suivant des lignes également courbes et des angles variables. Mais, récemment, les radiolaires (23) et beaucoup d'autres protistes nous ont montré un grand nombre d'organismes inférieurs dont la forme peut se ramener, comme celle des cristaux, à une configuration mathématique déterminée, limitée par des surfaces et des angles nettement géométriques. Dans ma *Théorie générale des formes primordiales, ou promorphologie*, j'ai explicitement prouvé ce fait et j'ai aussi déterminé un système général de formes, dont le type idéal, stéréométrique, rend compte aussi bien des formes réelles des cristaux anorganiques que des individus organiques. (*Morphol. gén.*, I, 373-374.)

En outre, il y a des organismes parfaitement amorphes, comme les monères, les amibes, etc., qui, à chaque instant, changent de formes et chez qui il est tout aussi impossible de déterminer une forme fondamentale que chez les inorganismes amorphes, les terres non cristallisées, les précipités, etc. Il est donc impossible de trouver entre les organismes et les inorganismes une différence radicale de forme ou de structure.

Occupons-nous, maintenant et au troisième lieu, des forces ou des phénomènes du mouvement dans ces deux grandes catégories de corps. (*Morph. gén.*, I, 140) Ici nous nous heurtons aux plus grandes difficultés. Les phénomènes vitaux, j'entends parler des seuls que l'on connaisse généralement, ceux qui s'observent chez les organismes supérieurs, chez les animaux les plus parfaits, semblent, si mystérieux, si merveilleux, si spéciaux, que, très généralement, on est convaincu que, dans la nature inorganique, il n'y a rien d'analogue, rien même qui y ressemble le moins du

monde. C'est même pour cette raison que l'on a appelé les organismes corps vivants, et les inorganismes corps sans vie. Ainsi, de nos jours encore, l'opinion erronée que les propriétés physiques et chimiques de la matière ne suffisent pas à expliquer les phénomènes de la vie a dominé même dans la science qui s'occupe spécialement des phénomènes vitaux, dans la physiologie. Mais aujourd'hui, surtout après les travaux des dernières années, cette opinion est absolument insoutenable. En biologie du moins, il n'y a plus de place pour elle. Pas un physiologiste ne songe maintenant à considérer les phénomènes de la vie comme le résultat d'une force vitale mystérieuse, d'une force consciente existant en dehors de la matière et asservissant en quelque sorte les forces physico-chimiques. La physiologie actuelle est arrivée à la conviction monistique, que l'ensemble des phénomènes vitaux et, avant tout, les deux phénomènes fondamentaux de la nutrition et de la reproduction sont des actes purement physico-chimiques et aussi immédiatement liés à la conformation matérielle de l'organisme que toutes les propriétés physiques et chimiques et les propriétés d'un cristal le sont à sa constitution matérielle. Puisque la matière primordiale, celle d'où résulte la constitution matérielle spéciale des organismes, est le carbone, il faut donc ramener, en dernière analyse, aux propriétés du carbone tous les phénomènes de la vie et notamment les deux faits fondamentaux de la nutrition et de la reproduction. *C'est uniquement dans les propriétés spéciales, chimico-physiques du carbone, et surtout dans la demi-fluidité et l'instabilité des composés carbonés albuminoïdes, qu'il faut voir les causes mécaniques des phénomènes de mouvements particuliers par lesquels les organismes et les inorganismes se différencient et que l'on appelle dans un sens plus restreint « la vie ».*

Pour bien comprendre cette *théorie du carbone*, que j'ai explicitement exposée dans le deuxième volume de ma *Morphologie générale*, il faut avant tout se rendre compte des phénomènes de mouvement communs aux deux catégories des corps. Parmi ces phénomènes, il faut placer en première ligne la *croissance*. Quand on laisse évaporer lentement une solution saline anorganique, il s'y forme des cristaux salins, qui grandissent au fur et à mesure que l'eau s'évapore. Cet accroissement tient à ce que sans cesse de nouvelles molécules de la solution liquide se solidifient et se déposent sur les cristaux solides déjà formés, en obéissant à certaines lois. De ce dépôt, de cette juxtaposition de molécules,

résultent les formes cristallines mathématiquement déterminées. C'est aussi par l'addition de nouvelles molécules que se fait la croissance de l'organisme. La seule différence est que, dans la croissance des organismes, les molécules nouvellement acquises pénètrent dans l'intérieur de l'organisme (intussusception), ce qui tient à l'état demi-solide de l'agrégat, tandis que les inorganismes croissent seulement par l'addition de nouveaux matériaux homogènes à leur surface extérieure. Pourtant cette grande différence entre la croissance par juxtaposition et la croissance par intussusception n'est qu'apparente; elle est seulement le résultat nécessaire et immédiat des divers modes de condensation, d'agrégation, des organismes et des anorganismes.

Il m'est malheureusement impossible ici de poursuivre plus loin ce parallèle si intéressant, d'énumérer les analogies si nombreuses qui existent dans le monde de formation des inorganismes les plus parfaits, des cristaux, et celui des organismes les plus simples, des monères et des êtres qui s'en rapprochent. Je dois vous renvoyer à la comparaison détaillée, que j'ai faite dans le cinquième chapitre de ma *Morphologie générale*, entre les organismes et les anorganismes. (*Morph. gén.*, I, 111-166.) Là, j'ai démontré tout au long qu'entre les corps organiques et les corps inorganiques, il n'y a aucune différence importante, ni de forme, ni de structure, ni de matière, ni de force, que les différences réelles tiennent à la nature spéciale du carbone et qu'il n'y a, entre la nature inorganique et la nature organique, aucun abîme infranchissable. Ce sera surtout en comparant l'origine des formes des cristaux et celle des organismes les plus simples que vous constaterez l'évidence de ces faits si importants. Dans la formation des cristaux, deux tendances diverses et antagonistes entrent en jeu. La force formatrice interne, correspondant à l'hérédité chez les organismes, est, dans le cristal, l'effet immédiat de la constitution matérielle, de la composition chimiques. La forme du cristal, dans sa corrélation avec cette force formatrice intime, primitive, dépend du mode spécifiquement déterminé suivant lequel les molécules des matières cristallisables se superposent régulièrement. Cette force formatrice interne, intime, inhérente à la matière, rencontre en face d'elle une autre force antagoniste. Or, cette force, cette tendance formatrice externe, nous la pouvons appeler l'*adaptation* aussi bien pour les cristaux que pour les organismes. Lors de son apparition, tou

cristal aussi bien que tout organisme doit se soumettre, s'adapter aux conditions d'existence du monde extérieur. En effet, la forme et le volume de tout cristal dépendent du milieu général ambiant, par exemple, du vase où se fait la cristallisation, de la température, de la pression atmosphérique, de l'absence ou de la présence de corps hétérogènes, etc. La forme de tout cristal, est donc aussi bien que celle de tout organisme le résultat de la lutte de deux facteurs, savoir : la force formatrice interne, inhérente à la constitution chimique de la matière même et la force formatrice externe, dépendant de l'influence de la matière ambiante. Ces deux forces formatrices, dont l'action se combine, sont de nature purement mécanique, aussi bien dans l'organisme que dans le cristal, et elles sont profondément inhérentes à la matière du corps. Si l'on considère la croissance et la formation des organismes comme des actes vitaux, on a le droit d'en faire autant pour le cristal, qui se forme spontanément. La théorie téléologique, qui voit dans les formes organisées des machines combinées, créées conformément à un but, doit, pour être conséquente, interpréter de même les formes cristallisées. Les différences entre les plus simples individus organiques et les cristaux inorganiques tiennent à l'état solide de ces derniers agrégats et à l'état semi-fluide des autres. Mais d'ailleurs les causes efficientes de la forme sont identiques chez les uns et chez les autres. Cette conviction s'impose surtout à l'esprit, alors que l'on compare les phénomènes si remarquables de croissance, d'adaptation et de corrélation des parties, chez les cristaux à l'état naissant, avec les faits de même genre observables lors de la formation des individus organisés les plus simples (monères et cellules). L'analogie est telle qu'il est réellement impossible de trouver une différence bien nette. Dans ma *Morphologie générale*, j'ai cité à ce sujet un grand nombre de faits frappants. (*Morph. gén.*, I, 146, 156, 158.)

Si l'on a bien présente à l'esprit cette « unité de la nature organique et inorganique », cette conformité essentielle des organismes et des anorganismes sous le triple rapport de la matière, de la forme et de la force; si l'on n'oublie pas que, contrairement à l'opinion autrefois admise, nous sommes incapables de découvrir une différence fondamentale entre ces deux catégories de corps, alors la question de la génération spontanée devient bien moins épineuse qu'elle ne l'avait semblé au premier coup d'œil.

La formation du premier organisme aux dépens de la matière anorganique semble bien plus admissible, bien plus intelligible qu'elle ne le paraissait, quand on dressait, entre la nature organique ou vivante et la nature inorganique ou sans vie, un mur de séparation infranchissable.

Quant à la question de la génération spontanée, ou archigonie, à laquelle nous pouvons maintenant répondre plus nettement rappelez-vous tout d'abord que nous entendons par là la production d'un individu organique sans parents, sans le concours d'un organisme générateur. Nous avons déjà opposé dans ce sens la génération spontanée à la génération généalogique, à la reproduction. Dans ce dernier cas, l'individu organique provient de ce qu'une partie plus ou moins grande s'est séparée d'un organisme déjà préexistant et a ensuite grandi isolément. (*Morph. gén.*, II, 32.)

Tout d'abord il nous faut distinguer deux modes essentiellement distincts de génération spontanée (*generatio spontanea, æquivoca, primaria*) : l'autogonie¹ et la plasmagonie². Par autogonie j'entends désigner la production d'un individu organique très simple dans une solution génératrice inorganique, c'est-à-dire dans un liquide contenant à l'état de dissolution, et sous forme de combinaison simple et stable, les matériaux nécessaires à la composition de l'organisme (par exemple, de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, des sels binaires, etc.). J'appelle, au contraire, plasmagonie la génération spontanée d'un organisme dans un liquide générateur organique, c'est-à-dire dans un liquide qui contient les matériaux nécessaires sous forme de composés carbonés, complexes, instables, par exemple, de l'albumine, de la graisse, des hydrates carbonés, etc. (*Morph. gén.*, I, 174; II, 33.)

Jusqu'ici ni le phénomène de l'autogonie ni celui de la plasmagonie n'ont été observés directement et incontestablement. Autrefois et de nos jours, on a institué, pour vérifier la possibilité, la réalité de la génération spontanée, des expériences nombreuses et souvent fort intéressantes. Mais ces expériences ont trait en général non à l'autogonie, mais à la plasmagonie, à la formation spontanée d'un organisme aux dépens de matières déjà organiques. Évidemment, pour notre histoire de la création, cette

1. Αυτό, préfixe venant de αὐτός, signifie de soi-même; γένεσις, génération

2. Πλάσμα, πλάσματος, ce qu'on a façonné, modelé; γένεσις, génération.

dernière catégorie d'expériences n'offre qu'un intérêt secondaire. « L'autogonie existe-elle? » voilà la question qu'il nous importe de résoudre. « Est-il possible qu'un organisme naisse spontanément d'une matière n'ayant pas préalablement vécu, d'une matière strictement inorganique? » Nous pouvons donc négliger toutes les expériences, si nombreuses, tentées durant ces dix dernières années avec tant d'ardeur au sujet de la plasmagonie, et qui d'ailleurs ont eu, pour la plupart, un résultat négatif. En effet, la réalité de la plasmagonie fût-elle rigoureusement établie, que cela ne prouverait rien touchant l'autogonie.

Ces essais d'autogonie n'ont aussi jusqu'à présent donné aucun résultat positif. Pourtant nous avons le droit d'affirmer, par avance, que ces expériences n'ont nullement démontré l'impossibilité de la génération spontanée. La plupart des naturalistes qui ont tâché de résoudre cette question expérimentalement, et qui, après avoir pris les plus minutieuses précautions et opéré dans des conditions bien déterminées, n'ont vu apparaître aucun organisme, ont, en se basant sur ce résultat négatif, affirmé « qu'aucun organisme ne peut naître spontanément, sans parents ». Cette affirmation téméraire et irréfléchie s'appuie uniquement sur le résultat négatif d'expériences, qui ne peuvent prouver autre chose, sinon que dans telles ou telles conditions tout à fait artificielles où se sont placés les expérimentateurs nul organisme ne s'est formé. Mais, de ces essais tentés ordinairement dans des conditions purement artificielles, on n'est nullement autorisé à conclure, d'une manière générale, que la génération spontanée soit impossible. L'impossibilité du fait ne saurait s'établir. En effet, quel moyen avons-nous de savoir si, durant ces époques primitives, infiniment reculées, il n'existait pas des conditions tout autres que les conditions actuelles, des conditions au sein desquelles la génération spontanée était possible? Bien plus, nous avons même pleinement le droit d'affirmer que, dans les âges primitifs, les conditions générales de la vie ont dû différer absolument des conditions actuelles. Songeons seulement que les énormes quantités de carbone de la période houillère accumulées dans les terrains carbonifères ont été fixées uniquement par le jeu de la vie végétale et sont les débris prodigieusement comprimés, condensés, d'innombrables cadavres de plantes accumulés pendant des millions d'années. Or, à l'époque où, l'eau s'étant déposée à l'état liquide sur l'écorce terrestre refroidie, les

organismes se formèrent pour la première fois par génération spontanée, ces immenses quantités de carbone existaient sous une autre forme, probablement, pour une large part, sous la forme d'acide carbonique mélangé à l'atmosphère. La composition tout entière de l'atmosphère différait donc beaucoup de la composition actuelle. En outre, comme on peut le déduire de considérations chimiques, physiques et géologiques, la densité et l'état électrique de l'atmosphère étaient tout autres. La mer, qui enveloppait alors la surface terrestre tout entière, avait également une constitution chimique et physique particulière. La température, la densité, l'état salin, etc., de cette mer devaient différer beaucoup de ce qui s'observe dans les mers actuelles. En tout cas, et sans qu'il soit besoin d'invoquer d'autres raisons, on ne saurait contester qu'une génération spontanée, possible alors dans des conditions tout autres, puisse ne plus l'être aujourd'hui.

Mais, grâce aux récents progrès de la chimie et de la physiologie, ce qu'il semblait y avoir de mystérieux, de merveilleux dans ce phénomène tant contesté et pourtant nécessaire de la génération spontanée, tout cela s'est en grande partie ou même totalement évanoui. Tous les chimistes affirmaient, il n'y a pas cinquante ans encore, qu'il était impossible de produire artificiellement dans nos laboratoires l'un des composés carbonés complexes, un composé organique quelconque. Seule, la mystique force vitale avait, selon eux, le pouvoir de produire de telles combinaisons.

Aussi, quand, en 1828, à Göttingue, Wœhler démontra, pour la première fois, expérimentalement, la fausseté de ce dogme, en tirant artificiellement de corps purement anorganiques, de composés de cyanogène et d'ammoniaque, la substance purement « organique », qu'on appelle urée, on fut extrêmement surpris et étonné. Plus récemment, on a pu, grâce aux progrès de la chimie synthétique, obtenir artificiellement dans nos laboratoires, tirer de substances anorganiques nombre de ces composés carbonés dits organiques, par exemple, l'alcool, l'acide acétique, l'acide formique, etc. Aujourd'hui même, on obtient artificiellement nombre de composés carbonés très complexes; aussi y a-t-il tout lieu d'espérer que l'on arrivera tôt ou tard à produire artificiellement dans nos laboratoires les plus compliquées des combinaisons, les composés albuminoïdes ou plasmiques. Mais par là disparaît en tout ou en partie l'abîme que l'on supposait jadis exister

entre les corps organiques et les corps inorganiques, et la voie est frayée à l'idée de la génération spontanée.

Mais ce qui est infiniment plus important pour l'hypothèse de la génération spontanée, ce sont les monères, ces êtres si singuliers, déjà maintes fois cités par moi, et qui sont non seulement les plus simples des organismes observés, mais même les plus simples des organismes imaginables (15). Déjà précédemment, en passant en revue les phénomènes les plus élémentaires de la reproduction et de l'hérédité, je vous ai décrit ces étranges organismes sans organes. Déjà nous connaissons sept genres distincts de ces monères vivant les unes dans l'eau douce, les autres dans la mer. A l'état parfait, alors qu'il se meut librement, chacun de ces organismes se compose uniquement d'un petit grumeau de substance carbonée albuminoïde, sans structure. C'est seulement par les particularités de la reproduction, de l'évolution, de la nutrition, que les divers genres et espèces diffèrent quelque peu entre eux. La découverte de ces organismes met à néant la plus grande partie des objections élevées contre la théorie de la génération spontanée. En effet, puisque chez ces organismes il n'y a ni organisation ni différenciation quelconque de parties hétérogènes, puisque chez eux tous les phénomènes de la vie sont accomplis par une seule et même matière homogène et amorphe, il ne répugne nullement à l'esprit d'attribuer leur origine à la génération spontanée. S'agit-il de plasmagonie? Y a-t-il déjà un plasma capable de vivre? alors ce plasma a simplement à s'individualiser, comme le cristal s'individualise dans une solution mère. S'agit-il, au contraire, de la production de monères par véritable autogenie? alors il est nécessaire que le plasma susceptible de vivre, la substance colloïde primitive, se forme d'abord aux dépens de composés carbonés plus simples. Or, nous sommes aujourd'hui en mesure de produire artificiellement dans nos laboratoires chimiques des composés carbonés complexes de ce genre; rien n'empêche donc d'admettre que, dans la libre nature, des conditions favorables à la formation de ces composés puissent aussi se présenter. Jadis, quand on cherchait à se faire une idée de la génération spontanée, on se heurtait aussitôt à la complication même des organismes les plus simples étudiés jusqu'alors. Pour résoudre cette difficulté capitale, il fallait connaître ces êtres si importants, les monères, ces

organismes absolument privés d'organes, constitués par un simple composé chimique et doués pourtant de la faculté de croître, de se nourrir et de se reproduire. Grâce à ce fait l'hypothèse de la génération spontanée acquiert assez de vraisemblance, pour qu'on ait le droit de l'employer à combler la lacune existant entre la cosmogonie de Kant et la théorie de la descendance de Lamarck. Peut-être même, parmi les monères actuellement connues, y a-t-il une espèce qui aujourd'hui continue à naître par génération spontanée. C'est l'étrange *Bathybius Haeckelii* découvert et décrit par Huxley. Comme nous l'avons déjà vu, cette monère se rencontre dans les mers profondes, entre 12.000 et 24.000 pieds, et elle tapisse le fond de ces mers soit de traînées plasmatiques réticulées, soit de masses de plasma irrégulières, grandes ou petites.

Ces organismes homogènes, nullement différenciés encore, ressemblant par la simplicité de composition de leurs particules aux cristaux anorganiques, ont, seuls, pu naître par génération spontanée; seuls ils ont pu être les primitifs ancêtres de tous les autres organismes. Le phénomène le plus important de leur évolution ultérieure est tout d'abord la formation d'un noyau (*nucleus*) dans la petite masse albuminoïde sans structure.

Pour comprendre la formation de ce noyau, il nous suffit de supposer une simple condensation physique des molécules albuminoïdes centrales. La masse centrale, d'abord confondue avec le plasma périphérique, s'en sépare peu à peu et forme un globe albuminoïde, le noyau. Mais, par cette simple modification, la monère est déjà devenue une cellule. Que cette cellule puisse donner naissance à tous les autres organismes, cela vous semblera très simple après les leçons précédentes. En effet, au début de sa vie individuelle, toute plante et tout animal sont représentés par une simple cellule. L'homme, aussi bien que tout autre animal, n'est d'abord qu'une simple cellule contenant un noyau (fig. 3).

Comme le noyau des cellules organiques se forme dans la masse centrale par différenciation aux dépens du glomérule plasmatique originel, l'enveloppe ou membrane cellulaire se forme à la surface par le même procédé. Mais nous pouvons donner de ce phénomène si simple et si important une explication purement physique et y voir soit un précipité chimique, soit un épaisse-

ment physique de l'écorce superficielle, soit une simple division de la substance. Un des premiers actes d'adaptation, qu'accomplissent les monères nées par génération spontanée, est l'épaississement de leur couche superficielle, devenant, pour la molle substance du centre, une membrane protectrice contre les attaques du monde extérieur. Mais, si les monères homogènes peuvent former, par simple condensation, un noyau central et une membrane externe, nous aurons ainsi toutes les formes fondamentales des moellons, qui, l'expérience le démontre, forment, par leur intrication variée à l'infini, le corps de tous les organismes supérieurs.

Comme nous l'avons déjà dit, notre manière de concevoir l'organisme repose tout entière sur la théorie cellulaire établie, il y a une trentaine d'années, par Schleiden et Schwann.

Selon cette théorie, tout organisme est ou bien une cellule simple ou une collectivité, un état formé de cellules étroitement unies. Dans tout organisme, l'ensemble des formes et des phénomènes vitaux est simplement le résultat général des formes et des phénomènes vitaux de toutes les cellules composant l'organisme. A cause des récents perfectionnements de la théorie cellulaire, il est devenu nécessaire de donner aux organismes élémentaires, aux individus organiques primordiaux appelés cellules le nom plus général, plus juste, d'éléments plastiques ou *plastides*¹. Parmi ces éléments plastiques nous distinguerons deux groupes principaux, les *cytodes*² et les vraies *cellules*. Les cytodes sont des particules plasmatiques sans noyau, comme les monères (fig. 1). Au contraire, les cellules sont des particules plasmatiques pourvues d'un noyau ou *nucleus* (fig. 2). Ces deux types principaux de plastides se subdivisent à leur tour en deux groupes secondaires, suivant qu'ils sont ou non revêtus d'une membrane quelconque. Nous pouvons donc distinguer quatre espèces de plastides : 1° les cytodes primitives (fig. 1, A); 2° les cytodes à membrane; 3° les cellules primitives (fig. 2, B); 4° les cellules à membrane (fig. 2, A). (*Morph. gén.*, I, 269-289.)

Quant aux rapports de ces quatre types de plastides avec la génération spontanée, ils sont vraisemblablement comme suit : 1° les cytodes primitives, particules plasmatiques, nues, sans

1. De πλάσσω, façonner, modeler.

2. De κότος cavité.

noyau (*gymnocytoda*)¹, semblables aux monères actuelles, sont les seules plastides provenant immédiatement de la génération spontanée; 2° les cytodes à membrane (*lepocytoda*)², particules plasmatiques sans noyau, mais pourvues d'une membrane, naissent des cytodes primitives, soit par condensation de la couche plasmatique superficielle, soit par simple séparation d'une membrane enveloppante; 3° les cellules primitives (*gymnocyta*)³, ou cellules nues, particules plasmatiques avec noyau, mais sans enveloppe, proviennent des cytodes primitives par l'épaississement en forme de noyau du plasma central, par la différenciation du noyau central et de la substance cellulaire périphérique; 4° les cellules à membrane (*lepocyta*)⁴, particules de plasma pourvues de noyau et de membrane, naissent, soit des cytodes à membranes par la formation d'un noyau, soit des cellules primitives par la formation d'une membrane. Toutes les autres formes d'éléments plastiques ou plastides, quelles qu'elles soient, naissent secondairement de ces quatre types par sélection naturelle, par descendance avec adaptation, par différenciation et transformation.

De cette théorie des plastides, de cette dérivation de leurs divers types et par suite de tous les organismes qui en sont composés, à partir des monères, résulte, dans la théorie évolutive tout entière, une cohésion plus simple et plus naturelle. L'origine des premières monères par génération spontanée nous semble être un phénomène simple et nécessaire du mode d'évolution des corps organisés terrestres. J'accorde que ce phénomène, tant qu'il n'a pas été directement observé ou reproduit, soit et demeure une simple hypothèse; mais, je le répète, cette hypothèse est indispensable à l'enchaînement tout entier de l'histoire de la création; en soi, elle n'a absolument rien de forcé, de merveilleux, et on n'a jamais pu en faire une réfutation positive. Observons aussi que, quand même le fait de génération spontanée se reproduirait chaque jour, à chaque instant encore, il est, dans tous les cas, extrêmement difficile de l'observer, de le constater avec une incontestable sûreté. Quant aux monères actuelles, nous sommes à leur égard dans l'alternative suivante :

1. Γυμνος, nu; κύτος, cavité.
2. Λίπος, coquille; κύτος, cavité.
3. Γυμνός, nu; κύτος, cavité.
4. Λίπος coquille; κύτος, cavité.

ou bien elles descendent directement des monères primitivement formées ou « créées », et alors elles auraient dû se reproduire invariablement, sans changer de forme, et conserver à travers tant de millions d'années leur forme originelle, celle de simples particules de plasma; ou bien ces monères actuelles sont nées beaucoup plus tardivement, dans le cours de l'évolution géologique, par des actes réitérés de génération spontanée, et alors la génération spontanée peut tout aussi bien exister aujourd'hui encore. La dernière hypothèse est évidemment bien plus vraisemblable que la première.

Si l'on rejette l'hypothèse de la génération spontanée, force est alors, pour ce point seulement de la théorie évolutive, d'avoir recours au miracle d'une création surnaturelle. Il faut que le créateur ait produit, dans leur état actuel, les premiers organismes, dont tous les autres sont descendus, au moins les plus simples des monères, les cytodes primitives; il faut aussi qu'il leur ait donné la faculté de se développer ensuite mécaniquement. Je laisserai chacun de vous choisir entre cette idée et l'hypothèse de la génération spontanée. Supposer qu'en ce seul point de l'évolution régulière de la matière le créateur soit intervenu capricieusement, quand d'ailleurs tout marche sans sa coopération, c'est là, il me semble, une hypothèse aussi peu satisfaisante pour le cœur du croyant que pour la raison du savant. Expliquons, au contraire, l'origine des premiers organismes par la génération spontanée, hypothèse qui, appuyée par les arguments précédents et surtout par la découverte des monères, n'offre plus de sérieuses difficultés et alors nous relient par un enchaînement ininterrompu et naturel l'évolution de la terre et celle des êtres organisés enfantés par elle, et, là même où subsistent encore quelques points douteux, nous proclamons l'unité de la nature entière, l'unité des lois de son développement. (*Morph. gén.*, I, 164.)

QUATORZIÈME LEÇON

Migration et distribution des organismes.
La chorologie et l'âge glaciaire de la terre.

Faits chorologiques et leurs causes. — Apparition de la plupart des espèces à un moment donné et en un point donné : centres de création. — Dispersion des espèces par migration. — Migrations actives et passives des animaux et des plantes. — Moyens de transport. — Transport des germes par l'eau et le vent. — Perpétuelles modifications des districts de distribution par le fait des soulèvements et des affaissements du sol. — Importance chorologique des faits géologiques. — Influence du changement de climat. — Age glaciaire ou période glaciaire. — Son importance pour la chorologie. — Influence des migrations sur l'origine des nouvelles espèces. — Isolement des colons. — Lois de la migration d'après Wagner. — Rapports de la théorie de la migration et de celle de la sélection. — Concordance des conclusions de ces lois avec la théorie de la descendance.

Messieurs, on ne saurait trop redire ce que je vous ai déjà fait remarquer maintes fois, c'est-à-dire que la vraie valeur et la force irrésistible de la théorie de la descendance ne consiste pas en ce que cette théorie élucide tel ou tel phénomène particulier, mais bien en ce qu'elle explique l'ensemble des phénomènes biologiques, en ce qu'elle nous fait comprendre l'intime connexion de tous les phénomènes botaniques et zoologiques. Tout savant, ayant l'esprit quelque peu philosophique, sera donc d'autant plus fermement, d'autant plus profondément convaincu de la vérité de la théorie évolutive, qu'il détournera davantage ses regards des observations biologiques isolées, pour embrasser le domaine tout entier de la vie animale et végétale. Nous mettant à ce point de vue d'ensemble, considérons maintenant un département de la biologie, dont les phénomènes multiples et complexes sont expliqués par la théorie de la sélection d'une manière tout particulièrement simple et lumineuse. Je veux parler de la chorologie ou théorie de la distribution des orga-

nismes à la surface de la terre. J'entends désigner par cette expression non seulement la distribution géographique des espèces animales et végétales dans les diverses régions ou provinces terrestres, sur les continents et les îles, dans les mers et les fleuves, mais bien encore la distribution topographique de ces organismes dans le sens vertical; à mesure qu'ils gravissent au sommet des montagnes et descendent dans les profondeurs de l'Océan. (*Morph. gén.*, II, 286.)

Vous n'ignorez pas que la série des faits chorologiques isolés, observés soit dans la distribution horizontale des organismes dans les diverses contrées, soit dans la distribution verticale en hauteur et profondeur, a depuis longtemps excité un intérêt général. De notre temps, par exemple, Alexandre de Humboldt (39), Alphonse de Candolle et Frédéric Schouw ont esquissé la géographie botanique; Berghaus et Schmarda en ont fait autant pour la géographie des animaux. Mais, bien que ces naturalistes et beaucoup d'autres aient fait largement progresser nos connaissances touchant la distribution des animaux et des plantes, et nous aient rendu accessible un vaste domaine scientifique tout rempli de phénomènes curieux et intéressants, la chorologie n'en est pas moins restée une collection confuse de notions sur une masse de faits isolés. Impossible de donner à la chorologie le nom de science aussi longtemps que l'on ne pouvait expliquer ces faits en les rapportant à leurs causes efficientes. C'est la théorie de la sélection, qui, grâce à sa doctrine des migrations animales et végétales, nous a dévoilé ces causes, et c'est seulement depuis Darwin et Wallace qu'il nous est impossible de parler d'une science chorologique.

Si l'on considère exclusivement la totalité des phénomènes de la distribution géographique et topographique des organismes, sans faire intervenir le développement graduel des espèces; si, en même temps, se conformant à la vieille tradition religieuse, on regarde chaque espèce animale ou végétale comme séparément créée, comme indépendante, alors il ne reste plus qu'à admirer tous ces phénomènes comme un ensemble confus de prodiges inintelligibles et inexplicables. Mais quittez ce point de vue borné, élevez-vous avec la théorie de l'évolution à l'idée d'une consanguinité des diverses espèces, et vous verrez cette région mythologique s'éclairer tout à coup d'une vive lumière, vous verrez comment tous ces faits chorologiques se comprennent

simplement et facilement dès qu'on admet la commune descendance des espèces, et leurs migrations passives et actives.

Il est un fait capital, point de départ de la chorologie, et dont la vérité nous est affirmée par une interprétation profonde et conforme à la théorie de la sélection, c'est qu'en général chaque type animal ou végétal n'a été produit par la sélection naturelle qu'une fois, en un seul moment et en un seul point de l'espace; c'est ce que l'on a appelé « son centre de création ». Je partage absolument cette opinion de Darwin en ce qui concerne la plupart des organismes supérieurs parfaits, la plupart des animaux et des plantes, chez qui la division du travail ou la différenciation des cellules constituant, ainsi que celle des organes ont été poussées jusqu'à un certain degré. En effet, comment admettre que l'ensemble des faits si complexes et si multiples, la totalité des diverses circonstances de la lutte pour l'existence, qui entrent en jeu, en vertu de la sélection naturelle, dans la formation d'une nouvelle espèce, aient pu agir de concert exactement de la même manière, plus d'une fois à la surface du globe ou simultanément en divers points de cette surface ?

Quant à certains organismes très imparfaits, d'une structure extrêmement simple, à certaines formes spécifiques de nature fort indifférente par exemple, beaucoup de protistes unicellulaires et particulièrement les plus simples de tous, les monères, je regarde comme très vraisemblable que ces formes spécifiques aient été produites maintes fois ou simultanément en divers points de la surface terrestre. En effet, les conditions peu nombreuses et très simples sous l'influence desquelles ces formes spécifiques se sont réalisées dans la lutte pour l'existence ont pu se représenter souvent dans le cours des siècles ou se répéter isolément en diverses localités. Il y a aussi des espèces hiérarchiquement supérieures, qui ont pu se former à diverses reprises, en divers lieux; ce sont les espèces, qui ne proviennent pas de la sélection naturelle, mais d'un croisement, ces espèces bâtardes que j'ai déjà mentionnées. Mais, comme ces organismes, relativement peu nombreux, nous intéressent peu en ce moment, nous pouvons en faire abstraction en traitant de la chorologie, et nous occuper seulement de la distribution de l'immense majorité des espèces animales et végétales, de celles qui se sont produites une seule fois, en un seul lieu dit « centre de création », comme semblent l'établir nombre de sérieuses raisons.

Mais, dès les premiers moments de son existence, chaque espèce animale ou végétale a eu une tendance à franchir les bornes étroites de sa localité d'origine, de son centre de création ou plutôt de sa patrie primitive, du lieu de sa naissance. C'est là une suite nécessaire des lois du peuplement et de son excès, que nous avons citées plus haut. Plus une espèce animale ou végétale se multiplie énergiquement, moins l'étendue restreinte du lieu de sa naissance peut suffire à son entretien. La lutte pour l'existence devient d'autant plus acharnée que l'excès de population s'accroît toujours plus, et l'émigration en est la conséquence nécessaire. Ces émigrations sont communes à tous les organismes, et ce sont les vraies causes de la large extension des diverses espèces organiques à la surface du globe. Animaux et plantes quittent leur patrie originelle, lorsqu'elle est trop peuplée, comme les hommes émigrent hors des États regorgeant de population.

Nombre de naturalistes distingués, notamment Lyell (11), Schleiden, etc., ont, à diverses reprises, signalé la grande importance de ces intéressantes migrations. Les moyens de transport à l'aide desquels elles s'effectuent sont extrêmement variés. Darwin a fait un examen complet de ces moyens de transport dans les onzième et douzième chapitres de son livre, qui traitent exclusivement de la « distribution géographique » des êtres organisés. Les agents de transport sont les uns actifs, les autres passifs; en d'autres termes, l'organisme accomplit ses migrations en partie par des déplacements volontaires, en partie involontairement par les mouvements d'autres corps de la nature.

Les migrations actives jouent naturellement le plus grand rôle chez les animaux doués de la faculté de se déplacer. Plus l'organisation d'une espèce animale lui permet de se mouvoir librement dans toutes les directions, plus cette espèce émigre avec facilité, plus elle se répand facilement à la surface de la terre. Naturellement, les animaux les plus favorisés sous ce rapport sont les animaux ailés, et spécialement les oiseaux parmi les vertébrés, les insectes parmi les articulés. Ces deux classes peuvent, plus facilement que toutes les autres, se répandre par toute la terre aussitôt après leur apparition, et cela explique en partie l'étonnante uniformité de structure qui distingue ces deux grandes classes de toutes les autres. En effet, bien que ces classes comprennent un nombre prodigieux d'espèces distinctes, bien que la classe des insectes compte à elle seule plus d'espèces que toutes

les autres classes d'animaux réunies, pourtant ces innombrables espèces d'insectes et aussi les diverses espèces d'oiseaux se ressemblent étonnamment dans toutes les particularités essentielles de leur organisation. Aussi, dans la classe des insectes et dans celle des oiseaux, on ne peut distinguer qu'un fort petit nombre de grands groupes naturels ou d'« ordres », et ces quelques groupes naturels diffèrent très peu les uns des autres dans leur structure intime. Les ordres d'oiseaux, si riches en espèces, sont bien loin de différer entre eux autant que les ordres de la classe des mammifères, bien plus pauvres en espèces. De même les ordres des insectes, si riches en formes génériques et spécifiques, se rapprochent les uns des autres par leur structure interne bien plus que ne le font les ordres bien plus pauvres de la classe des crustacés. Sous ce rapport, le parallèle général des oiseaux et des insectes est fort intéressant et la grande importance de cette richesse de formes consiste, pour la morphologie scientifique, dans le fait général qui en ressort, savoir : que la plus grande diversité des formes extérieures du corps peut se concilier avec de très faibles écarts anatomiques et une grande uniformité de l'organisation essentielle. Évidemment, c'est dans le genre de vie des animaux ailés et dans la très grande facilité de leurs déplacements qu'il faut chercher la raison de ce fait. C'est pourquoi les oiseaux et les insectes se sont répandus rapidement à la surface de la terre, ont élu domicile dans tous les endroits possibles, dans des localités inaccessibles aux autres animaux, et ont, en s'adaptant superficiellement aux conditions d'un lieu déterminé, modifié tant de fois leur forme spécifique.

Après les animaux ailés, ceux qui se sont propagés le plus vite et le plus loin sont naturellement ceux qui pouvaient émigrer le plus facilement, c'est-à-dire les meilleurs coureurs parmi les animaux terrestres, les meilleurs nageurs parmi les animaux aquatiques. Mais la possibilité d'émigrer ainsi n'appartient pas seulement aux animaux qui, pendant toute leur vie, jouissent de la faculté de pouvoir se déplacer librement. En effet, les animaux immobiles, par exemple, les coraux, les serpules, les crinoïdes, les ascidies, les cirrhipèdes et beaucoup d'autres animaux inférieurs, qui vivent et croissent à demeure sur les plantes marines, sur les rochers, ont joui, au moins dans leur jeunesse, de la faculté de se déplacer librement. Tous cheminent avant de se fixer. Habituellement ils sont libres dans leur jeunesse ; sous la

forme de larves ciliées, de corpuscules cellulaires arrondis, munis de cils vibratiles, qui leur permettent de rôder capricieusement dans l'eau, ils portent alors le nom de gastrulaires.

Mais la faculté de libre déplacement, et par conséquent d'émigration active, n'est pas le privilège des seuls animaux; beaucoup de plantes en jouissent. Nombre de plantes aquatiques inférieures, particulièrement dans la classe des algues, naissent dans leur première jeunesse exactement comme les animaux inférieurs précédemment cités. Elles portent à leur surface des appendices mobiles: ce sont ou bien une sorte de fouet oscillant ou des cils vibratiles, formant une sorte de pelage; grâce à ces organes, elles vaguent librement dans l'eau et ne se fixent que tardivement. Nous pouvons même attribuer des migrations actives à beaucoup de plantes, que nous appelons plantes rampantes et grimpantes. La tige aérienne allongée ou la tige souterraine, le rhizome, gagnent, durant leur lente croissance, l'une en grim pant, l'autre en rampant, des stations nouvelles; en émettant au loin des stolons ramifiés, elles conquièrent des habitats nouveaux, s'y enracinent par des bourgeons et donnent ainsi naissance à de nouvelles colonies de leur espèce.

Quelque importantes que soient ces migrations actives de la plupart des animaux et de beaucoup de plantes, elles ne nous donneraient pas à elles seules une explication suffisante de la chorologie des organismes. En effet, de tout temps les migrations passives ont été de beaucoup plus importantes et incomparablement plus efficaces, au moins en ce qui concerne la plupart des plantes et bon nombre d'animaux. Les déplacements passifs sont dus à des causes extrêmement variées. L'air et l'eau, éternellement mobiles, le vent et la vague, si diversement agités, jouent ici le principal rôle. Partout et incessamment le vent soulève dans les airs des organismes légers, de petits animaux, de petites plantes, mais surtout leurs germes, les œufs et les semences; puis il les disperse au loin sur la terre et dans la mer. Si ces germes tombent dans la mer, ils sont aussitôt saisis par le courant et les vagues, et emportés en d'autres lieux. On sait, par de nombreux exemples, à quelle énorme distance de leur lieu d'origine sont souvent charriés par les fleuves et les courants marins les semences des arbres, les fruits à péricarpe dur et d'autres parties difficilement putrescibles des plantes. Des troncs de palmiers sont apportés par le gulf-stream des Indes

occidentales sur les côtes de la Grande-Bretagne et de la Norvège. Tous les grands fleuves charrient des bois flottants venant des montagnes et souvent des plantes alpines, depuis leurs sources jusque dans la plaine et jusqu'à leur embouchure dans l'Océan. Souvent, entre les racines et les branches des plantes et des arbres entraînés par les courants et les flots se tiennent de nombreux habitants qui participent à cette émigration passive. L'écorce des arbres est recouverte de mousses, de lichens et d'insectes parasites. Des insectes, des arachnides et même de petits reptiles et de petits mammifères sont cachés dans les souches creuses ou se fixent sur les branches. Dans la terre adhérente aux radicelles, dans la poussière accumulée dans les fentes de l'écorce, se trouvent quantité de germes de petits animaux et de petites plantes. Que maintenant le tronc flottant atterrisse heureusement sur une côte étrangère ou dans une île lointaine, alors les hôtes, qui, malgré eux, ont pris part au voyage, quittent leur véhicule et s'établissent dans leur nouvelle patrie.

Les montagnes de glaces flottantes, qui, chaque année, se détachent des glaciers polaires, constituent un des plus singuliers de ces moyens de transport. Bien que ces régions désolées soient en général très pauvres en espèces, pourtant il peut arriver que certains de leurs habitants se trouvent sur des montagnes de glace, au moment où elles se détachent des glaciers, qu'ils soient entraînés avec elles par les courants et abordent sur des rivages plus cléments. C'est ainsi que déjà, bien souvent, par l'intermédiaire des glaces flottantes des mers arctiques, une petite population d'animaux et de plantes, a échoué sur les côtes septentrionales de l'Europe et de l'Amérique. Il est ainsi arrivé en Islande et dans les Îles Britanniques jusqu'à des renards et des ours polaires.

Le transport par la voie de l'air ne le cède nullement en importance au transport par eau. La poussière qui recouvre nos rues et nos toits, la couche la plus superficielle du sol des champs et des lits desséchés des cours d'eau contiennent des millions de germes et de petits organismes. Beaucoup de ces petits animaux et de ces petites plantes peuvent se dessécher sans dommage et se réveiller ensuite à la vie aussitôt qu'ils sont mouillés. Chaque coup de vent enlève dans l'air d'innombrables quantités de ces petits organismes et les transporte souvent à plusieurs lieues. Il y a même des organismes plus volumineux, et surtout les germes

de ces organismes, qui peuvent faire ainsi passivement de longs voyages aériens. Chez beaucoup de plantes, les graines munies d'une couronne d'aigrettes légères, qui jouent le rôle d'un parachute, planent dans l'air et tombent doucement à terre. Des araignées suspendues à leur fil léger, vulgairement appelé « fil de la Vierge », accomplissent des voyages aériens de plusieurs lieues. Des trombes aériennes soulèvent souvent par milliers dans l'air de jeunes grenouilles qui vont ensuite retomber fort loin : ce sont les soi-disant pluies de grenouilles. Des tempêtes peuvent faire franchir à des oiseaux et à des insectes la moitié de la circonférence terrestre. Enlevés de l'Angleterre, ils abordent aux États-Unis. Après avoir pris leur vol en Californie, ils ne peuvent plus se poser qu'en Chine. Mais beaucoup d'autres organismes peuvent voyager d'un continent à l'autre avec les oiseaux et les insectes. Naturellement tous les organismes qui habitent ces animaux émigrent avec eux, et leur nombre est légion : ce sont les poux, les puces, les mites, les champignons, etc. Dans la terre, qui souvent reste adhérente entre les doigts et au ventre des oiseaux au moment où ils prennent leur essor, se trouvent souvent de petits animaux, de petites plantes ou leurs germes. Ainsi la migration volontaire ou involontaire d'un organisme quelque peu volumineux peut transporter d'une partie du monde dans une autre une petite flore ou une petite faune.

Outre les moyens de transport dont nous venons de parler, il y en a encore beaucoup d'autres, qui rendent raison de la distribution des espèces animales ou végétales sur de vastes étendues de la surface terrestre, et surtout de la distribution générale des espèces dites cosmopolites. Pourtant tout cela ne suffit pas, à beaucoup près, à expliquer tous les faits chorologiques. Comment se fait-il, par exemple, que beaucoup d'êtres organisés, habitant dans l'eau douce, vivent dans beaucoup de lacs ou de bassins séparés et entièrement distincts les uns des autres ? Comment se fait-il que beaucoup d'organismes des montagnes qui ne peuvent absolument pas vivre dans la plaine, se rencontrent sur des chaînes alpines tout à fait séparées et très éloignées l'une de l'autre ? Que, d'une manière quelconque, active ou passive, ils aient pu franchir, les premiers, les vastes espaces de terre ferme, les seconds les plaines, qui séparent leurs habitats, cela est difficile à admettre, et c'est invraisemblable dans beaucoup de cas. Ici la géologie nous fournit des traits d'union

soit importants. Elle résout parfaitement cette difficile énigme.

La géologie nous apprend, en effet, que la répartition de la terre et de l'eau à la surface du globe change éternellement et incessamment. Partout, par suite de phénomènes géologiques internes, il se produit des soulèvements et des affaissements de sol plus ou moins forts. Quand même ces mouvements s'effectueraient avec assez de lenteur pour n'élever ou n'abaisser les rivages de la mer que de quelques pouces ou même de quelques lignes dans le cours d'un siècle, ils n'en produiraient pas moins, le temps aidant, des résultats surprenants. Or, dans l'histoire de la terre, les cycles chronologiques d'une grande, d'une immense longueur, n'ont jamais manqué. Depuis que la vie organique existe à la surface de la terre, c'est-à-dire depuis tant de millions d'années, la terre et la mer se sont perpétuellement disputé la souveraineté. Des continents et des îles ont été engloutis sous les flots, d'autres continents et d'autres îles en ont surgi. Le fond des lacs et des mers, lentement soulevé, a été mis à sac, et le sol, en s'abaissant, a donné aux eaux d'autres bassins. Des presqu'îles sont devenues des îles, à mesure que disparaissaient sous les eaux les étroites langues de terre qui les reliaient au continent. Les îles d'un archipel deviennent les sommets d'une chaîne continue de montagnes, pour peu que le fond de la mer se soit notablement soulevé.

Ainsi la Méditerranée était autrefois une mer intérieure, alors qu'à la place du détroit de Gibraltar un isthme reliait l'Espagne à l'Afrique. A une époque géologique récente, quand l'homme existait déjà, l'Angleterre a été, à diverses reprises, unie au continent européen, et à diverses reprises elle en a été séparée. L'Europe a même été reliée à l'Amérique septentrionale. La mer du Sud forma autrefois un vaste continent, qu'on pourrait appeler Pacifique, et les nombreuses petites îles qui la parsèment étaient simplement alors les cimes les plus hautes des montagnes de ce continent. A la place de l'Océan Indien était un continent s'étendant le long de l'Asie méridionale, des îles de la Sonde à la côte occidentale de l'Afrique. Ce vaste et antique continent a été appelé *Lemuria* par l'Anglais Scater, d'après les singes inférieurs, qui caractérisaient sa faune. Son existence est d'un haut intérêt; car c'est là que fut vraisemblablement le berceau du genre humain; c'est là que, très probablement, l'homme se dégaga de la forme simienne anthropoïde. Alfred Wallace (36) a

démontré, à l'aide de faits chorologiques, que l'archipel Malais actuel se divise en deux régions distinctes, et c'est là un fait très important. La région occidentale de l'archipel Indo-Malais comprend les grandes îles de Bornéo, Java, Sumatra; elle tenait jadis par la presqu'île de Malacca au continent asiatique et probablement au continent lémurien, dont nous avons parlé. La région orientale, au contraire, Célèbes, les Moluques, la Nouvelle-Guinée, les îles Salomon, etc., fit d'abord corps avec l'Australie. Ces deux régions furent alors séparées par une mer étroite; aujourd'hui elles sont en grande partie ensevelies sous les vagues. En s'appuyant uniquement sur ces excellentes observations chorologiques, Wallace a réussi à révéler très nettement la situation de cette étroite mer de séparation, dont l'extrémité méridionale pénétrait entre Bali et Lombok.

Ainsi donc, depuis que l'eau existe sur la terre à l'état liquide, les limites de la terre ferme et de l'eau se sont perpétuellement modifiées, et l'on peut affirmer que les contours des continents et des îles ne sont pas restés les mêmes durant une heure, durant une seconde. En effet, le choc des flots ronge le rivage éternellement et sans trêve; et ce que la terre ferme perd ainsi en étendue, elle le regagne en d'autres points par l'accumulation du limon qui s'accumule sur la roche solide et forme par là une nouvelle terre surgissant de nouveau au-dessus de l'Océan. L'idée de la fixité, de l'invariabilité des contours de nos continents, telle que nous l'inculque dès l'enfance notre système d'instruction si imparfait et si dédaigneux de la géologie, cette idée est une des plus erronées qui puissent être.

A peine ai-je besoin de vous faire remarquer de quelle extrême importance ont dû être, pour les migrations des organismes et pour leur chorologie, ces changements géologiques de la surface terrestre. Cela nous explique comment des espèces animales ou végétales identiques, ou du moins très voisines, peuvent se trouver sur diverses îles, bien qu'elles n'aient jamais pu franchir l'étendue d'eau intermédiaire, comment d'autres espèces d'eau douce peuvent habiter divers amas d'eau, fermés et isolés les uns des autres, sans avoir jamais pu traverser la terre ferme qui les sépare. Autrefois ces îles étaient les sommets des montagnes d'un continent; autrefois ces lacs communiquaient entre eux. Les premières ont été séparées par suite de l'affaissement du sol, les seconds par son exhaussement. Songeons, en outre, avec quelle

irrégularité ces alternatives d'exhaussement et d'affaissement se sont produites dans les diverses localités, et quels changements elles ont apportés dans les limites des districts habités par telles ou telles espèces; songeons quelles influences multiples ces faits ont exercées sur les migrations actives et passives des organismes, et nous comprendrons alors très bien l'aspect infiniment bigarré que nous présente aujourd'hui la distribution des espèces animales et végétales.

Il est encore un autre facteur très important et propre à faire comprendre cette variété, en éclairant nombre de faits obscurs, qui, sans lui, seraient des énigmes pour nous. Je veux parler du changement graduel de climat, qui s'est produit durant la longue durée de l'histoire organique de la terre. Comme nous l'avons déjà vu dans les leçons précédentes, au début de la vie organique sur la terre, il a dû régner partout une température plus élevée et plus uniforme qu'aujourd'hui. Les différences de température suivant les zones, ces différences, actuellement si frappantes, devaient être alors peu marquées. Vraisemblablement, il régna sur la terre, durant bien des millions d'années, un climat qui se rapprochait beaucoup de notre climat tropical le plus chaud, si même il n'était pas plus chaud encore. Les régions les plus éloignées dans l'extrême Nord où l'homme ait pu pénétrer de nos jours étaient alors couvertes de palmiers et d'autres plantes tropicales dont nous trouvons encore les restes fossiles. Très lentement, peu à peu, la température de ce climat s'abaissa: mais les pôles n'en restaient pas moins encore assez chauds pour que toute la surface terrestre fût habitable pour les êtres organisés. Ce fut dans un âge géologique relativement récent, au commencement de l'époque tertiaire, que se produisit probablement le premier abaissement sensible de la température de l'écorce terrestre vers les deux pôles; alors seulement les diverses zones de température commencèrent à s'accuser. Durant l'époque tertiaire, l'abaissement de la température alla toujours en s'accroissant peu à peu, jusqu'au moment où les premières glaces apparurent aux deux pôles.

Il est presque inutile de faire remarquer combien ce changement graduel de climat dut jouer un rôle important dans la formation de nombreuses espèces nouvelles. Les espèces animales et végétales, qui jusqu'à l'époque tertiaire avaient trouvé par toute la terre un climat tropical convenable, étaient maintenant

contraintes soit à s'adapter à un froid intense, soit à fuir devant lui. Les espèces, qui s'adaptèrent et s'habituerent à l'abaissement de la température, se métamorphosèrent en espèces nouvelles par le fait même de cette acclimatation sous l'influence de la sélection naturelle. Les autres espèces, celles qui s'enfuirent devant le froid, durent émigrer sous les latitudes les plus basses, pour y chercher un climat plus doux. De là résultèrent de puissantes modifications dans la distribution des espèces à cette époque.

Mais, durant la dernière phase géologique, durant la période quaternaire, qui succéda à l'époque tertiaire, l'abaissement de la température ne fut plus confiné aux pôles. Il s'accusa de plus en plus et descendit même au-dessous de la température actuelle. L'Asie septentrionale et moyenne, l'Europe et l'Amérique du Nord se recouvrirent, à partir du pôle, d'une couche de glace, qui, dans notre Europe, semble s'être étendue jusqu'aux Alpes. Au pôle sud, la glace progressa de la même manière; elle recouvrit d'un manteau rigide l'hémisphère méridional jusque dans les régions aujourd'hui libres de glaces. Entre ces deux continents glacés, immenses, léthifères, il ne resta qu'une étroite zone où la vie du monde organique pût trouver un refuge. Cette période durant laquelle l'homme ou du moins l'homme-singe existait déjà et qui forme la première portion de ce que l'on a appelé l'*âge diluvien*, cette période est aujourd'hui célèbre et connue sous le nom d'*âge glaciaire* ou *période glaciaire*.

L'ingénieur Ch. Schimper fut le premier naturaliste qui conçut nettement l'idée de l'âge glaciaire, et, qui, à l'aide de blocs erratiques et de stries burinées par le glissement des glaciers, démontra la grande étendue des glaciers primitifs au centre de l'Europe. Excité par l'exemple de Ch. Schimper, et puissamment aidé par les travaux spéciaux du géologue distingué Charpentier, le naturaliste suisse Louis Agassiz entreprit plus tard de compléter la théorie de l'époque glaciaire. En Angleterre, le naturaliste Edward Forbes s'occupa avec succès de cette théorie, et déjà il la formula en ce qui concerne les migrations et la distribution géographique des espèces qui en résulte. Au contraire, Agassiz gâta plus tard la théorie de l'âge glaciaire; car, fasciné par la doctrine des révolutions du globe de Cuvier, il voulut expliquer la destruction totale du monde organique alors vivante par l'invasion subite de l'époque glaciaire et la catastrophe qui en fut le résultat.

Je n'ai nullement besoin de parler plus longuement de l'âge glaciaire et d'en indiquer très exactement les limites; je puis même m'en abstenir d'autant mieux que c'est là un sujet rebattu dans la littérature géologique moderne tout entière. Vous en trouverez une exposition détaillée surtout dans les ouvrages de Cotta (31), Lyell (30), Vogt (27), Zittel (32), etc. Pour nous, ce qui nous importe seulement, c'est de bien mettre en relief le rôle important, qui incombe à cet âge dans l'explication des problèmes les plus ardu de la chorologie, rôle que Darwin a su parfaitement déterminer.

Nul doute, par exemple, que cette extension des glaciers sur les zones aujourd'hui tempérées n'ait dû influencer prodigieusement sur la distribution géographique et topographique des êtres organisés et même la métamorphoser totalement. A mesure que le froid polaire progressait lentement vers l'équateur, en couvrant d'un manteau de glace les terres et les mers, il devait naturellement refouler devant lui la totalité des êtres vivants. Émigrer ou périr de froid, telle fut l'alternative offerte aux animaux et aux plantes. Mais, comme les zones tempérées et tropicales n'avaient pas vraisemblablement alors une faune et une flore moins riches qu'aujourd'hui, les habitants de ces régions et les immigrants venant des pôles durent se faire une terrible guerre pour l'existence. Durant cette lutte, qui se continua sans doute pendant des milliers d'années, nombre d'espèces succombèrent, les autres se modifièrent et se transformèrent en espèces nouvelles. La distribution géographique des espèces dut être absolument changée. Cette guerre continua encore par la suite; elle se ralluma avec une fureur nouvelle et métamorphosa encore de nouveau les espèces, lorsque parvenu à son maximum d'intensité, l'âge glaciaire commença à décliner, lorsque la température s'élevait de nouveau durant la période post-glaciaire, les êtres organisés reprirent le chemin des pôles.

Sûrement, une révolution climatologique aussi profonde, quelque degré d'importance qu'on lui veuille attribuer, fut un événement géologique qui influa énormément sur la distribution des formes organisées. Il est, par exemple, un phénomène chorologique, important et obscur, dont cet événement rend raison de la manière la plus simple; je veux parler de l'identité spécifique de nombre d'organismes alpins et polaires. Quantité de formes végétales et animal typiques sont communes à ces deux régions et

manquent absolument aux espaces si énormes qui les séparent. Dans l'état climatologique actuel, une migration de ces espèces depuis les régions polaires jusqu'aux Alpes, ou inversement, serait difficilement admissible, ou ne le serait que dans des cas tout à fait exceptionnels. Mais cette migration a pu s'effectuer; elle a même dû s'effectuer durant la lente invasion et la lente rétrogradation de l'âge glaciaire. Puisque les glaces de l'Europe septentrionale se sont avancées jusqu'à notre massif alpestre, les organismes polaires convoyés par elles, les gentianes et les saxifrages, les renards et les lièvres polaires ont pu venir alors peupler l'Allemagne, ou plus généralement l'Europe moyenne. Lorsque la température s'éleva de nouveau, une portion de cette population arctique retourna dans les zones polaires, en suivant le mouvement rétrograde des glaces; le reste se contenta de gravir les hautes montagnes, et, à une altitude suffisante, ces organismes trouvèrent le climat qui leur convenait. Telle est la solution fort simple du problème en question.

Nous avons jusqu'ici insisté sur la théorie des migrations, spécialement parce qu'elle explique la dispersion rayonnante de chaque espèce animale et végétale à partir d'une patrie originelle primitive, d'un centre de création, aussi parce qu'elle rend raison de la distribution d'une espèce donnée sur une plus ou moins grande partie de la surface terrestre. Mais les migrations des animaux et des plantes importent peu à la théorie de l'évolution, en ce qu'elles peuvent éclairer vivement l'origine des nouvelles espèces. En émigrant, les oiseaux et les plantes, tout comme les émigrants humains, trouvent dans leur nouvelle patrie des conditions d'existence différentes de celles auxquelles ils étaient héréditairement accoutumés. Ces conditions nouvelles, insolites, l'émigrant doit les subir, s'y adapter ou périr. Mais, par le fait même de l'adaptation, le caractère particulier, spécifique de l'organisme est modifié, et proportionnellement à la différence entre les conditions nouvelles et les anciennes. Le nouveau climat, la nouvelle alimentation, mais surtout le voisinage de nouvelles espèces animales et végétales, tout tend à transformer le type héréditaire de l'immigrant, et si celui-ci n'a pas une force de résistance suffisante, tôt ou tard il engendrera une espèce nouvelle. Le plus souvent, cette métamorphose de l'espèce immigrante, sous l'influence des changements survenus dans la lutte pour l'existence, s'effectue avec une telle rapidité que quelques

génération suffisent pour donner naissance à une espèce nouvelle.

Sous ce rapport, l'émigration agit principalement sur les êtres organisés à sexes séparés. En effet, la production de nouvelles espèces par la sélection naturelle est entravée ou ralentie chez ces êtres, surtout par le mélange sexuel fortuit de leur postérité en voie de variation avec le type primitif intact. Ce croisement ramène les variétés à la forme originelle. Mais si ces variétés ont émigré, si elles sont suffisamment séparées de leur ancienne patrie, soit par une distance convenable, soit par des barrières naturelles, par la mer, les montagnes, etc., alors le danger d'un croisement avec la forme-souche n'existe plus; grâce à leur isolement, les formes émigrées, en train de passer à une espèce nouvelle, ne peuvent retourner à la forme-souche par le fait d'un croisement.

C'est l'ingénieux voyageur Maurice Wagner, de Munich, qui a surtout insisté sur l'importance du rôle que joue l'émigration, en isolant les espèces nouvellement produites et en empêchant leur prompt retour au type spécifique ancien. Dans un petit écrit intitulé : *La Théorie darwinienne et la loi des migrations des organismes* (40), Wagner, fort de sa riche expérience personnelle, cite un grand nombre d'exemples frappants, qui confirment la théorie des migrations exposée par Darwin dans les onzième et douzième chapitres de son livre et mettent tout particulièrement en relief l'utilité de l'isolement parfait des espèces émigrées au point de vue de la formation de nouvelles espèces. Wagner a résumé dans les trois propositions suivantes le jeu des causes fort simples, « qui limitent la forme dans l'espèce et lui impriment un caractère différentiel typique » :

1° Plus la somme des différences de milieu, avec lesquelles les êtres organisés se trouvent aux prises en émigrant dans une contrée nouvelle est considérable, plus la variabilité inhérente à tout organisme doit se manifester énergiquement.

2° Moins cette variabilité exagérée des organismes sera troublée dans son travail incessant de métamorphose par le mélange avec de nombreux émigrants retardataires de la même espèce, mieux la nature réussira à former de nouvelles variétés ou races, c'est-à-dire des commencements d'espèces, par le moyen de l'accumulation des caractères et de leur transmission héréditaire.

3° Plus les modifications organiques de détail subies par la

variété sont avantageuses pour elle, plus elles sont en harmonie avec le milieu; plus, sur un territoire nouveau, la sélection d'une variété au début s'effectue longtemps sans trouble, sans mélange avec des émigrants retardataires de la même espèce, plus alors la variété a de chances de devenir une espèce nouvelle.

On peut adhérer sans hésitation à ces trois propositions de Maurice Wagner. Au contraire, quand il prétend que l'émigration et l'isolement, qui en résultent, sont des conditions nécessaires à l'apparition d'espèces nouvelles, il est complètement dans l'erreur. Suivant Wagner, « une longue séparation des colons de leurs anciens congénères est indispensable pour qu'une nouvelle espèce se forme, pour que la sélection naturelle puisse agir. L'inévitable effet du croisement illimité, du mélange sexuel libre entre tous les individus d'une même espèce, est l'uniformité; alors les variétés dont les caractères n'ont pas été fixés par une série de générations retombent dans le type primitif ».

C'est dans cette proposition que Wagner prétend résumer le résultat général de son travail; mais il ne serait fondé à le faire que si tous les organismes avaient des sexes séparés et si le mélange d'individus mâles et femelles était le seul mode de production possible de nouveaux individus. Or, il n'en est rien; il est singulier que Wagner ne dise mot des hermaphrodites si nombreux, réunissant les organes sexuels des deux sexes et pouvant se féconder eux-mêmes; singulier aussi qu'il passe sous silence les innombrables organismes tout à fait privés de sexe. Or, dès les âges les plus lointains de l'histoire organique terrestre, il a existé et il existe encore aujourd'hui des milliers d'espèces organiques, chez qui il n'y a aucune différence sexuelle, chez qui la génération sexuée ne s'effectue jamais, tous se reproduisent invariablement par un mode asexué, par la fissiparité, le bourgeonnement, la formation de spores, etc. L'énorme monde des protistes, les monères, les amibes, les mycomycètes, les rhizopodes, etc., en un mot l'ensemble des organismes inférieurs, que nous sommes obligés de ranger dans un règne de protistes intermédiaire aux règnes végétal et animal, tous ces êtres se reproduisent uniquement par génération asexuée. Or, ce groupe est le plus riche au point de vue morphologique; on pourrait même dire, sous un certain rapport, qu'il est le plus riche en formes diverses, car toutes les formes principales géométriquement possibles s'y trouvent réalisées. Citons particulièrement l'étonnante classe des

rhizopodes, à laquelle appartiennent les acyrtaires à carapaces calcaires et les radiolaires à carapaces siliceuses. (Voir la seizième leçon)

Naturellement la théorie de Wagner ne saurait s'appliquer à tous ces organismes asexués. Il en est de même de tous les hermaphrodites, chez qui chaque individu est pourvu d'organes mâles et d'organes femelles et peut se féconder lui-même. Citons les turbellariés, les trématodes, les cestoides, la plupart des vers et, en outre, les remarquables tuniciers, ces invertébrés voisins des vertébrés, sans compter nombre d'autres organismes appartenant à différents groupes. Beaucoup de ces espèces sont l'œuvre de la sélection naturelle, et pourtant tout croisement des espèces nouvelles avec le type primitif était impossible.

Comme je vous l'ai déjà fait remarquer dans la huitième leçon, l'origine des deux sexes et, par suite, toute la génération sexuée doivent être considérées comme des phénomènes appartenant aux époques relativement récentes de l'histoire organique de la terre; c'est l'œuvre de la différenciation ou de la division du travail. Nul doute que les plus anciens organismes du globe ne se soient reproduits uniquement par les procédés asexués les plus simples. Aujourd'hui encore, c'est par génération asexuée que se reproduisent tous les protistes ainsi que les innombrables cellules constituant le corps des organismes supérieurs. Pourtant, dans ce domaine aussi, il naît partout de nouvelles espèces, œuvre de la sélection naturelle, agissant par différenciation.

Mais, même en considérant seulement les espèces animales et végétales à sexes séparés, nous devrions critiquer la proposition fondamentale de Wagner, aux termes de laquelle « la migration des organismes, leur colonisation seraient la condition préalable nécessaire au jeu de la sélection naturelle ». Déjà Auguste Weismann, dans son mémoire « sur l'influence de l'isolement dans la formation des espèces » (24), a suffisamment réfuté cette proposition; il a montré que, même dans un district circonscrit, une espèce peut se subdiviser en plusieurs autres sous l'influence de la sélection naturelle. En terminant ces observations, je veux insister encore tout particulièrement sur la haute valeur de la division du travail, de la différenciation, cette conséquence nécessaire de la sélection naturelle. Toutes les diverses espèces de cellules constituant le corps des organismes supérieurs, les cellules musculaires, les cellules glandulaires, etc., toutes ces formes.

qui sont de bonnes espèces parmi les organismes élémentaires, sont simplement le résultat de la division du travail suscitée par la sélection naturelle; bien qu'elles n'aient jamais été isolées dans l'espace et que, depuis leur origine, elles aient toujours vécu dans une étroite union sociale. Mais ce qui est vrai des organismes élémentaires ou « individus de premier ordre », l'est aussi des organismes pluricellulaires d'un rang plus élevé; en effet, c'est secondairement et par l'association des premiers que les autres sont devenus de « bonnes espèces » (37).

Sans doute, je pense, avec Darwin et Wallace, que la migration des organismes, leur isolement dans leur nouvelle patrie sont des conditions favorables, avantageuses à la formation des nouvelles espèces; mais que ce soit une condition nécessaire, que, sans elle, comme le prétend Wagner, toute formation d'espèce nouvelle soit impossible, c'est ce que je ne puis accorder. Si Wagner veut établir, comme loi spéciale des migrations, « que la migration est une condition nécessaire de la sélection naturelle », nous affirmons que cette loi est contredite par les faits que nous avons cités. Déjà nous avons fait voir que la formation de nouvelles espèces par la sélection naturelle était une nécessité mathématique et logique, résultant uniquement de la combinaison de trois grands faits. Ces trois faits fondamentaux sont : la guerre pour l'existence, la faculté d'adaptation et la faculté d'hérédité des organismes.

Quant aux faits si intéressants et si nombreux, que fournit l'étude détaillée de la distribution géographique et topographique des espèces organiques et qui dissipent tout ce qu'il y a de merveilleux en apparence dans la théorie de la sélection et des migrations, je ne puis y insister ici. Force m'est de vous renvoyer sur ce point aux écrits déjà cités de Darwin (1), de Wallace (36), de Moritz Wagner (40). Dans ces écrits, on expose parfaitement l'importante théorie des limites de la distribution géographique, qui sont les fleuves, les mers, les montagnes, et on appuie la théorie de nombreux exemples. Je citerai ici seulement trois faits à cause de leur importance spéciale. Le premier est l'étroite parenté morphologique, « l'air de famille » si frappant, qui existe entre les formes locales caractéristiques d'une contrée et leurs ancêtres fossiles de la même région. Le second fait est « l'air de famille » non moins frappant, qui existe entre les habitants d'un archipel donné et ceux du continent le plus voisin d'où cet archipel a reçu

sa population. Le troisième et dernier fait est le caractère tout particulier, qui s'observe en général dans la composition des flores et des faunes insulaires.

Tous les faits chorologiques cités par Darwin, Wallace et Wagner, par exemple, la remarquable limitation des faunes et des flores locales, l'analogie des habitants des îles avec ceux des continents, la large extension des espèces dites cosmopolites, l'étroite parenté des espèces locales actuelles avec les espèces éteintes des mêmes régions, la possibilité de démontrer l'irradiation de chaque espèce à partir d'un point de création unique, tous ces faits et tant d'autres empruntés à la distribution géographique et topographique des organismes s'expliquent simplement et parfaitement par la théorie de la sélection et des migrations : sans cette théorie, ils sont incompréhensibles. Nous trouvons donc, dans toute cette série de phénomènes, une nouvelle et forte preuve attestant la vérité de la théorie généalogique.

QUINZIÈME LEÇON

Périodes et archives de la création

Réforme de la taxinomie par la théorie généalogique. — La classification naturelle admise comme arbre généalogique. — Les fossiles considérés comme les médailles de la création. — Dépôt des couches neptuniennes : elles englobent des débris organiques. — Division de l'histoire organique de la terre en cinq périodes principales : âge des algues, âge des fougères, âge des conifères, âges des arbres à vraies feuilles et des arbres cultivés. — Classification des couches neptuniennes. — Immense durée des périodes écoulées pendant la formation de ces couches. — Les couches se sont déposées seulement durant l'affaissement du sol. — Autres lacunes dans les archives de la création. — État métamorphique des plus anciennes couches neptuniennes. — Limites restreintes des observations paléontologiques. — Les fragments d'organismes susceptibles de fossilisation sont insuffisants. — Rareté d'un grand nombre d'espèces fossiles. — Absence de formes intermédiaires fossiles. — Archives de l'ontogénie et de l'anatomie comparée.

Messieurs, la doctrine généalogique est destinée à transformer toutes les sciences naturelles; mais, vraisemblablement, après l'anthropologie, aucune branche scientifique ne subira cette influence autant que la partie descriptive de l'histoire naturelle c'est-à-dire la zoologie et la botanique systématiques. Jusqu'ici, la plupart des naturalistes, qui se sont occupés de la classification des animaux et des plantes, ont collectionné, nommé et mis en ordre ces êtres organisés avec l'intérêt que met un antiquaire ou un ethnographe à rassembler les armes, les ustensiles des différents peuples. Beaucoup d'entre eux même n'ont pas dépensé dans ce but plus d'effort intellectuel qu'il n'en faut pour collectionner, étiqueter et ranger des armoiries, des timbres-poste et d'autres curiosités du même genre. De même que le collectionneur contemple avec délices la variété des formes, la beauté et la rareté des armoiries, des timbres-poste, et qu'il admire à ce sujet l'ingénieuse invention de l'homme, ainsi la plupart des naturalistes se délectent en contemplant la multiplicité des formes

animales et végétales; ils sont en extase devant la riche imagination du Créateur, devant son inépuisable fécondité créatrice, devant la verve capricieuse avec laquelle il s'est complu à former, à côté de tant d'organismes beaux et utiles, quantité de types inutiles et difformes.

Cette manière artificielle de traiter la zoologie et la botanique systématiques est ruinée de fond en comble par la doctrine généalogique. L'intérêt superficiel et futile avec lequel jusqu'ici l'on a le plus souvent considéré les formes organiques fait place à un intérêt d'ordre supérieur, à l'intérêt dicté par la raison consciente, qui, dans la parenté morphologique des organismes, reconnaît une réelle consanguinité. La classification naturelle des animaux et des végétaux, envisagée jusqu'ici comme un registre de noms permettant d'embrasser d'un coup d'œil la diversité des formes, ou bien comme une table des matières exprimant brièvement le degré d'analogie de ces formes, cette classification acquiert, grâce à la doctrine généalogique, l'appréciable valeur d'un véritable arbre généalogique des organismes. Ce tableau doit nous révéler la connexion généalogique des groupes grands et petits; son but est de nous montrer comment les classes, ordres, familles, genres et espèces des règnes animal et végétal correspondent aux branches, rameaux, ramuscules de leur arbre généalogique. Plus une catégorie taxinomique est vaste et importante (classe, ordre), plus le nombre des branches qu'elle supporte est considérable; plus la catégorie est restreinte et secondaire, plus les branchilles auxquelles elle correspond sont rares et faibles. Le seul moyen de se faire une juste idée de la classification naturelle est de la considérer comme un arbre généalogique.

Sans doute, l'avenir seul verra le triomphe de cette doctrine; mais, puisque nous nous y arrêtons, nous pouvons déjà nous occuper de la construction réelle de l'arbre généalogique des êtres organisés; c'est là sûrement un des côtés les plus essentiels et les plus difficiles à élucider de l'histoire naturelle de la création. Il s'agit de démontrer que les diverses formes organiques sont la postérité divergente d'une seule forme ancestrale commune ou d'un petit nombre de formes ancestrales; vous allez voir que, dès à présent, nous sommes peut-être en mesure de poursuivre assez loin cette démonstration. Mais comment réussir à construire l'arbre généalogique des groupes animaux et

végétaux sans autres matériaux que les pauvres observations fragmentaires recueillies jusqu'ici ? La réponse à cette question nous est donnée en partie par la remarque que nous avons faite au sujet du parallélisme des trois séries évolutives. En effet, nous avons constaté l'importante connexion étiologique qui relie l'évolution paléontologique du monde organique tout entier avec l'évolution embryologique des individus et l'évolution systématique des groupes hiérarchiquement classés.

Pour arriver à résoudre cet obscur problème, adressons-nous tout d'abord à la paléontologie. En effet, si la théorie de la descendance est fondée, si réellement les restes fossiles des animaux et des plantes ayant vécu jadis sont les ancêtres des organismes contemporains, nul doute que l'examen, la comparaison de ces débris ne nous fassent découvrir l'arbre généalogique des organismes. Quelque simple et aisé que cela puisse sembler en théorie, ce n'en est pas moins une question extraordinairement difficile et complexe au point de vue pratique. La solution du problème serait déjà fort difficile, si les fossiles étaient bien conservés ; il n'en est rien : au contraire, les archives matérielles de la création, les séries de fossiles sont étonnamment incomplètes. Il faut donc, avant tout, soumettre ces documents à un examen critique et en apprécier la valeur au point de vue de l'histoire évolutive des familles organiques. Comme je vous ai déjà signalé l'importance générale des fossiles, de ces « médailles de la création », en vous parlant des services rendus par Cuvier à la paléontologie, je puis maintenant examiner les conditions nécessaires à la fossilisation des débris organiques et à leur conservation plus ou moins parfaite.

Habituellement, on trouve les fossiles enfouis dans des roches, qui se sont formées par couches superposées, comme celles que le limon dépose au sein des eaux ; on les appelle roches neptuniennes, stratifiées ou sédimentaires. Naturellement le dépôt de ces couches n'a pu commencer avant l'époque géologique, où la vapeur d'eau s'est condensée à l'état liquide. Ce moment, dont nous avons déjà parlé dans la dernière leçon, marqua non seulement le commencement de la vie à la surface de la terre, mais aussi le point de départ d'un travail de remaniement incessant et considérable de l'écorce terrestre solide. A cette date remonte le début de cette action mécanique si puissante malgré sa lenteur, et qui, sans repos ni trêve, métamorphose la surface terrestre.

Personne n'ignore, je suppose, que, de nos jours encore, l'eau exerce une puissante action du même genre. En tombant sous forme de pluie, l'eau imbibe les couches superficielles de la terre, puis ruisselle des hauteurs dans les vallées, entraînant à la fois des particules minérales du sol chimiquement dissoutes, et mécaniquement les parties désagrégées. En coulant sur le flanc des montagnes, l'eau en charrie les débris dans la plaine, où elle les dépose sous forme de limon; elle travaille donc incessamment à niveler les montagnes et à combler les vallées. De son côté, le choc des flots de la mer mine sans repos les rivages et tend à exhausser le fond des mers en y déposant les débris des falaises. Par conséquent, l'action de l'eau, si elle n'était pas contre-balancée par d'autres agents, suffirait seule, dans un temps donné, pour niveler toute la terre. La masse des matériaux arrachée chaque année aux montagnes et transformée en limon qui se dépose au fond des mers est si considérable que, dans un laps de temps plus ou moins grand, au bout de quelques milliers d'années peut-être, elle suffirait à aplanir parfaitement la surface du globe, qui serait alors recouverte d'une couche d'eau uniforme; aucun doute ne peut subsister à cet égard. Si ce résultat ne se produit point, nous en sommes redevables à l'action volcanique exercée en sens inverse par la masse en fusion de l'intérieur du globe. Cette réaction du noyau en fusion sur l'écorce solide détermine alternativement des exhaussements et des affaissements aux divers points de la surface. Le plus habituellement, ces exhaussements et ces affaissements s'effectuent avec une grande lenteur; mais, comme ils durent des milliers d'années, ils produisent, par l'accumulation de petits effets partiels, des résultats non moins immenses que ceux dus à l'action nivelante de l'eau.

Comme dans les divers points de la terre les soulèvements et affaissements du sol alternent maintes fois, il en résulte que, tantôt telle partie de la terre, tantôt telle autre est submergée. Je vous ai cité des faits de ce genre dans les leçons précédentes. Vraisemblablement, il n'est pas un point de l'écorce terrestre qui n'ait ainsi surgi à diverses reprises au-dessus des eaux ou n'ait été submergé par elles. Par ce mouvement alternatif s'expliquent la multiplicité et l'hétérogénéité des nombreuses couches népluniennes, superposées presque partout en strates d'une grande puissance. Durant les diverses périodes géologiques pendant les-

quelles s'effectua ce dépôt, vécut une population infiniment variée d'animaux et de végétaux. Quand les cadavres de ces êtres organisés tombaient au fond des eaux, d'abord ils imprimaient leur moule en creux sur le limon encore mou, puis les parties impu- rescibles de leur corps, les os, les dents, les coquilles, etc., étaient englobées et restaient intactes. Conservées dans le limon, qui se consolidait en roches neptuniennes, ces débris ont constitué les fossiles qui nous servent aujourd'hui à caractériser les diverses couches stratifiées. En comparant soigneusement les diverses strates superposées et les fossiles qu'elles contiennent, on est parvenu à déterminer l'âge relatif des couches et des groupes de strates, et aussi à fixer expérimentalement la date générale de la phylogénie ou de l'évolution des familles animales et végétales. Ces diverses roches neptuniennes superposées et différemment composées, soit de chaux, soit d'argile, soit de sable, ont été groupées par les géologues dans un ordre idéal embrassant la totalité de l'histoire organique de la terre, c'est-à-dire de cette partie de la durée géologique, pendant laquelle la vie organique existait. De même qu'on a divisé ce que l'on appelle « l'histoire universelle » en grandes et petites périodes caractérisées par l'épanouissement successif des principaux peuples et limitées par les faits saillants de leur histoire, de même nous subdivisons la durée infiniment longue de l'histoire organique terrestre en une série de grandes et petites périodes. Chacune de ces périodes est caractérisée par une flore et une faune spéciales, par le développe- ment prédominant de tel groupe donné d'animaux ou de végétaux ; chacune d'elles se distingue de la période précédente et de la suivante par un changement partiel, mais frappant, dans la compo- sition de sa population organique.

Je vais vous donner un aperçu général de la marche historique suivant laquelle se sont développés les principaux types animaux et végétaux ; mais, pour bien comprendre cet aperçu, il faut, de toute nécessité, connaître la classification systématique des roches neptuniennes et des périodes petites ou grandes de l'histoire organique qui y correspondent. Comme vous le verrez bientôt, nous pouvons subdiviser la masse totale des couches sédimen- taires superposées en plusieurs groupes principaux ou *terrains*, chaque terrain en plusieurs groupes secondaires de strates, ou *système*, et chaque système en groupes plus petits encore, en *for- mations* ; enfin chaque formation peut se diviser en *étages* ou

sous-formations, et à son tour chacun de ces étages peut se subdiviser en dépôts plus petits, en bancs, etc. Chacun des cinq grands terrains s'est déposé pendant la durée d'une des grandes divisions géologiques, durant *un âge*; chaque système s'est formé pendant un laps de temps plus court, pendant *une période*; chaque formation a exigé un temps plus court encore, *une époque*, etc. Quand nous classons systématiquement en compartiments les cycles de l'histoire organique de la terre et les strates neptuniennes fossilifères, qui se sont formées pendant leur durée, nous procédons exactement comme les historiens, qui divisent l'histoire des peuples en trois grandes périodes, l'antiquité, le moyen âge et les temps modernes, puis subdivisent chacune de ces divisions en époques secondaires. Mais, en enfermant les faits historiques dans cette classification à vives arêtes, en donnant à chaque période un nombre d'années déterminées, l'historien veut seulement rendre plus facile une vue d'ensemble et ne prétend nullement nier la connexion interrompue des événements et de l'évolution des peuples; c'est exactement ce que fait notre division, spécification ou classification de l'histoire organique de la terre. Là aussi le lien de l'évolution continue n'est nulle part brisé. Nos divisions tranchées, nos grands et petits groupes de strates et les durées qui leur correspondent, n'ont rien de commun, nous nous hâtons de l'affirmer, avec la théorie des révolutions terrestres et des créations organiques successives de Cuvier. Déjà, précédemment, j'ai pris soin de vous démontrer que cette doctrine erronée avait été ruinée de fond en comble par Lyell.

Nous appelons âges primordial, primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire les cinq grandes divisions principales de l'histoire organique de la terre, c'est-à-dire de l'évolution paléontologique. Chacun de ces âges est caractérisé par le développement prédominant de groupes déterminés d'animaux et de plantes. Nous pouvons donc désigner clairement chacun de ces cinq âges, soit d'après le groupe végétal, soit d'après le groupe animal vertébré qui y prédomine. Ainsi, le *premier âge*, ou âge primordial, serait celui des algues et des animaux dépourvus de crâne; le *deuxième âge*, ou âge primaire, serait l'âge des fongères et des poissons; le *troisième*, ou âge secondaire, serait l'âge des conifères et des reptiles; le *quatrième*, ou tertiaire, serait l'âge des arbres à feuilles caduques et des mammifères; enfin, le *cinquième*, ou âge quaternaire, serait celui de l'homme et de la civilisation humaine.

Les sections ou périodes dans lesquelles on subdivise chacun de ces cinq âges sont caractérisées par les divers systèmes de couleurs composant chacun des cinq grands terrains. Permettez-moi de passer encore rapidement en revue la série de ces systèmes, en indiquant simultanément la population des cinq grands âges.

La première grande portion de l'histoire organique terrestre, la portion la plus lointaine, constitue l'âge primordial ou l'âge des forêts d'algues; on pourrait aussi appeler cet âge archéolithique¹ ou archéozoïque². Il comprend l'immense durée de la génération spontanée primitive, depuis l'apparition des premiers organismes terrestres jusqu'à la fin des dépôts sédimentaires siluriens. Pendant cet énorme laps de temps, dont la durée surpasse vraisemblablement celle des quatre autres âges réunis, s'effectua le dépôt des trois plus puissants systèmes de strates neptuniennes, savoir, d'abord le système Laurentien, au-dessus de lui le système Cambrien, et, plus haut encore, le système Silurien. L'énorme épaisseur ou puissance de ces trois systèmes réunis mesure 70.000 pieds ainsi répartis, environ 30.000 pour le système Laurentien, 18.000 pour le Cambrien, 22.000 pour le Silurien. La puissance moyenne des quatre autres terrains, primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire réunis, comprend tout au plus 60.000 pieds, et de cette donnée seule, sans parler de beaucoup d'autres preuves, résulterait, que la durée de l'âge primordial surpasse vraisemblablement celle des âges suivants pris tous ensemble jusqu'aux temps modernes. Sans doute, le dépôt de telles masses stratifiées a dû, pour s'effectuer, exiger bien des millions de milliers d'années. Malheureusement la plupart des strates primordiales sont à l'état dit métamorphique; par suite, les fossiles de ces strates, qui sont les plus anciens et les plus importants de tous, sont pour la plupart détruits ou méconnaissables. C'est seulement dans une portion des sédiments cambriens et siluriens, que les fossiles se trouvent en plus grand nombre et dans un meilleur état de conservation. Le plus ancien des fossiles bien conservés, sur la description duquel nous aurons à revenir, l'*Eozoon Canadense*, a été trouvé dans les couches Laurentiennes les plus inférieures, dans la formation d'Ottawa.

Quoique les fossiles bien conservés de l'âge primordial ou

1. Αρχή, commencement, principe; λίθος, pierre.

2. Αρχή, commencement; ζῷον, animal.

archéolithique soient en fort petit nombre, ils n'en sont pas moins des documents d'une inappréciable valeur pour éclairer les temps les plus anciens et les plus obscurs de l'histoire organique terrestre. La conclusion, qui semble tout d'abord s'en dégager, c'est que, durant ce laps de temps immense, le globe n'eut pour habitants que des organismes aquatiques. Du moins, de tous les fossiles archéolithiques connus jusqu'à ce jour, il n'en est pas un que l'on puisse, avec quelque certitude, reconnaître pour un organisme terrestre. Tous les débris des plantes de l'âge primordial appartiennent aux groupes végétaux les plus inférieurs, à la classe des algues aquatiques. Dans les mers chaudes de l'âge primordial, ces algues formaient de vraies et vastes forêts. Pour se figurer approximativement combien ces forêts aquatiques étaient touffues, combien les types végétaux y étaient variés, il faut songer à leurs analogues actuels, à la mer des Sargasses de l'Océan Atlantique. Les colossales forêts aquatiques de l'âge archéolithique tenaient la place de la végétation forestière continentale alors entièrement absente. Tous les animaux dont on a trouvé les débris dans les strates archéolithiques étaient aquatiques comme les plantes du même temps. Les articulés archéolithiques sont représentés uniquement par des crustacés; il n'y a point encore d'arachnides ni d'insectes. Quant aux vrais vertébrés, on n'a trouvé que de rares débris de poissons, et encore dans les plus récentes des strates primordiales, dans la formation silurienne. Au contraire, les vertébrés sans tête, les *acrâniens*, qui ont pu être les ancêtres des poissons, vivaient en très grand nombre durant l'âge primordial. On peut donc caractériser cet âge aussi bien par les *acrâniens* que par les algues.

La deuxième grande division de l'histoire organique terrestre, l'âge primaire ou âge des bois de fougères, que l'on pourrait aussi appeler âge paléolithique ou paléozoïque, dura depuis la fin du dépôt des couches siluriennes jusqu'à la fin des dépôts permien. Cet âge fut aussi d'une fort grande durée; il se subdivise en trois périodes, correspondant à trois puissants systèmes de couches, qui sont, de bas en haut, le système *Devonien* ou du vieux grès rouge, le système *Carbonifère* ou du charbon minéral; enfin le système *Permien* ou système du nouveau grès rouge et du terrain Permien supérieur (*zechstein*). L'épaisseur moyenne de ces trois systèmes pris ensemble est d'environ 42.000 pieds, et cette énorme épaisseur montre assez à quel immense laps de temps ils correspondent.

Les formations devoniennes et permienes contiennent surtout des débris de poissons, aussi bien de poissons primitifs que de poissons cartilagineux; mais les poissons osseux manquent absolument dans l'âge primaire. Dans les lits de houille, on rencontre les restes des plus anciens animaux terrestres, soit articulés (arachnides et insectes), soit vertébrés (amphibies). Dans le système permien apparaissent, à côté des amphibies, des types plus développés encore, les reptiles, et même des formes très analogues à nos lézards actuels (Protosaurus, etc.). Quoi qu'il en soit, nous pouvons donner à l'âge primaire le nom d'âge des poissons; car les rares amphibies et reptiles y cèdent entièrement le pas à l'innombrable foule des poissons paléolithiques. Durant cet âge, les fougères occupent parmi les plantes le même rang que les poissons parmi les vertébrés, et ce ne sont pas seulement les vraies fougères et les fougères arborescentes (Phylloptérides ¹), mais aussi les fougères à hampe (Calamophytes ²), et celles à écailles (Lépidophytes ³). Ces fougères terrestres formaient les essences dominantes des épaisses forêts insulaires dans l'âge paléolithique, et leurs restes nous ont été conservés dans les énormes gisements de houille du système carbonifère, ainsi que dans les dépôts carbonés plus faibles du système Devonien et Permien. Nous pouvons donc indifféremment appeler l'âge primaire soit l'âge des fougères, soit l'âge des poissons.

La troisième grande division de l'évolution paléontologique est représentée par l'âge *secondaire* ou âge des conifères; on pourrait aussi l'appeler âge mésoolithique ou mésozoïque: il s'étend de la fin des dépôts permien à celle des strates crayeuses, et se subdivise en trois grandes périodes. Les systèmes de couches, qui correspondent à ces périodes sont inférieurement le *système du trias*, au-dessus de lui le *système jurassique*, et tout à fait supérieurement le *système crétacé*. L'épaisseur moyenne de ces trois systèmes réunis est déjà bien inférieure à celle du système primaire; elle mesure en tout à peu près 15.000 pieds. Il est donc probable que

durée de l'âge secondaire n'a pas atteint la moitié de celle de l'âge primaire.

Dans l'âge primaire, c'étaient les poissons qui l'emportaient en

1. Φύλλον, feuille; πτερίς, fougère.

2. Κάλυμος, jonc; φυτόν, plante.

3. Λέπις, écaille; φυτόν, plante.

nombre sur les autres vertébrés; dans l'âge secondaire, ce sont les reptiles. Sans doute, les premiers oiseaux et les premiers mammifères se formèrent durant cet âge; il y avait de puissants amphibiens, par exemple, le gigantesque Labyrinthodon. Dans la mer nageaient de formidables dragons marins ou Enaliosauriens, et les premiers poissons osseux s'associaient aux nombreux poissons primitifs cartilagineux. Mais la classe des vertébrés caractéristiques, celle qui domine dans l'âge secondaire, est celle des reptiles, et elle est représentée par des types infiniment variés. Des dragons bizarrement conformés fourmillent partout dans l'âge mésolithique, à côté de reptiles analogues aux lézards, aux crocodiles et aux tortues de nos jours. Ce sont surtout les singuliers lézards volants ou ptérosauriens, et les gigantesques dragons terrestres ou dinosauriens, qui sont particuliers à l'âge secondaire, puisqu'ils n'ont existé ni avant ni après. On peut par conséquent appeler l'âge secondaire l'âge des reptiles; mais on pourrait aussi bien l'appeler l'âge des conifères ou plutôt l'âge des gymnospermes, ou plantes à semences nues. En effet, durant l'âge secondaire, ce groupe de plantes principalement caractérisé par les deux importantes classes de conifères et des cycadées, fournit les essences forestières dominantes. Au contraire, vers la fin de cet âge, dans la période de la craie, les fougères diminuent, et les arbres à feuilles caduques se multiplient.

Le quatrième âge de l'histoire organique terrestre, c'est-à-dire l'âge tertiaire, ou âge des arbres à feuilles caduques, est beaucoup plus court et bien moins caractéristique. Cet âge, que l'on pourrait aussi appeler âge céolithique ou céozoïque, s'étend de la fin des couches créacées à celle des formations pliocènes. Les sédiments stratifiés déposés pendant cette période n'ont guère plus de 3.000 pieds de puissance et sont par conséquent sous ce rapport bien inférieurs aux trois premiers terrains. Aussi les trois systèmes, que l'on admet dans le terrain tertiaire, sont-ils difficiles à distinguer l'un de l'autre. Le plus ancien s'appelle *éocène* ou tertiaire ancien, le second s'appelle *miocène* ou tertiaire moyen, et le plus récent *pliocène* ou tertiaire récent.

Durant l'âge tertiaire, la population organique se rapproche, sous tous les rapports, beaucoup plus du monde organique actuel que celle des âges précédents. Parmi les vertébrés, c'est la classe des mammifères qui l'emporte alors de beaucoup sur toutes les autres. De même, dans le monde végétal, ce qui l'emporte, ce sont

les plantes à graines contenues dans un fruit, les *Angiospermes*¹, aux formes si variées, et les arbres à feuilles caduques dominant dans les forêts touffues de l'âge tertiaire. Les angiospermes se divisent en deux classes, les monocotylédones ou plantes à une seule feuille germinale, et les dicotylédones ou plantes à deux feuilles germinales. Sans doute, les angiospermes des deux classes se montraient déjà dans la période de la craie, de même que les mammifères apparaissent dès la période jurassique et même dans la période triasique; mais ce fut seulement dans l'âge tertiaire que ces deux groupes, les mammifères et les angiospermes, atteignirent leur plein développement et furent prédominants; on est donc parfaitement fondé à les regarder comme les êtres caractéristiques de cet âge.

La cinquième et dernière division de l'histoire organique terrestre forme l'*âge quaternaire* ou âge de la civilisation. Comparativement à la longueur des quatre autres âges, la durée de cette courte période, que nous appelons avec une outrecuidance comique « histoire universelle », est parfaitement insignifiante. Comme cet âge est caractérisé par le développement du genre humain et de sa civilisation, et que ce fait a métamorphosé le monde organique plus que toutes les influences antérieures, on peut appeler cet âge *âge de l'humanité*, *âge anthropolithique* ou *âge anthropozoïque*. On pourrait aussi l'appeler *âge des arbres cultivés*, car, dès les plus humbles degrés de la civilisation humaine, l'effet de cette civilisation est l'utilisation des arbres et de leurs produits, d'où une profonde modification dans la physionomie du sol. Géologiquement, cet âge, qui s'étend jusqu'à nos jours, commence à la fin des dépôts pliocènes.

Les couches neptuniennes, qui se sont déposées pendant la durée relativement courte de la période quaternaire, ont dans les diverses localités une épaisseur très variable, mais relativement faible. On y reconnaît deux systèmes distincts, dont le plus ancien est appelé *diluvien* ou *pleistocène*, l'autre *alluvial* ou récent. A son tour, le système diluvien se divise en deux formations, une formation *glaciaire* plus ancienne et une formation plus récente ou *postglaciaire*. C'est durant l'époque glaciaire que se produisit cet abaissement si remarquable dans la température, dont la conséquence fut une extension des glaciers dans les zones tempérées.

1. Ἀγγεῖον, vase; σπέρμα, semença.

TABLEAU

DES PÉRIODES PALÉONTOLOGIQUES OU DES GRANDS CYCLES DE L'HISTOIRE ORGANIQUE DE LA TERRE

I. — PREMIER CYCLE : AGE ARCHÉOLITHIQUE. AGE PRIMORDIAL.

(Age des Acrâniens et des Algues.)

- | | | |
|--------------------------|----|-----------------------|
| 1. Age primordial ancien | ou | Période laurentienne. |
| 2. Age primordial moyen | — | Période cambrienne. |
| 3. Age primordial récent | — | Période silurienne. |

II. — DEUXIÈME CYCLE : AGE PALÉOLITHIQUE. AGE PRIMAIRE.

(Age des Poissons et des Fougères.)

- | | | |
|------------------------|----|----------------------|
| 4. Age primaire ancien | ou | Période devonienne. |
| 5. Age primaire moyen | — | Période carbonifère. |
| 6. Age primaire récent | — | Période permienne. |

III. — TROISIÈME CYCLE : AGE MÉSOLITHIQUE. AGE SECONDAIRE.

(Age des Reptiles et des Conifères.)

- | | | |
|--------------------------|----|---------------------|
| 7. Age secondaire ancien | ou | Période triasique. |
| 8. Age secondaire moyen | — | Période jurassique. |
| 9. Age secondaire récent | — | Période crétacée. |

IV. — QUATRIÈME CYCLE : AGE CÉNOLITHIQUE. AGE TERTIAIRE.

(Age des Mammifères et des arbres à feuilles caduques.)

- | | | |
|--------------------------|----|-------------------|
| 10. Age tertiaire ancien | ou | Période éocène. |
| 11. Age tertiaire moyen | — | Période miocène. |
| 12. Age tertiaire récent | — | Période pliocène. |

V. CINQUIÈME PÉRIODE : AGE ANTHROPOLITHIQUE. AGE QUATERNAIRE.

(Age des Hommes et des arbres cultivés.)

- | | | |
|----------------------------|----|-----------------------------|
| 13. Age quaternaire ancien | ou | Période glaciaire. |
| 14. Age quaternaire moyen | — | Période postglaciaire. |
| 15. Age quaternaire récent | — | Période de la civilisation. |

TABLEAU

DES FORMATIONS PALÉONTOLOGIQUES OU DES COUCHES FOSSILIFÈRES DE L'ÉCORCE TERRESTRE.

TERRAINS.	SYSTEMES.	FORMATIONS.	SYNONYMES DES FORMATIONS.		
V. Terrains quaternaires ou groupe des couches anthropolithiques (anthropozoïques).	XIV. Récent (alluvium).	36. Actuel.	Alluvien supérieur.		
		35. Récent.	Alluvien inférieur.		
IV. Terrains tertiaires ou couches céolithiques (céozoïques)	XIII. Pleistocène (diluvium).	34. Post-glaciaire.	Diluvien supérieur.		
		33. Glaciaire.	Diluvien inférieur.		
	XII. Pliocène (tertiaire neutre).	32. Arverdien.	Pliocène supérieur.		
		31. Subapennin.	Pliocène inférieur.		
	XI. Miocène (tertiaire moyen).	30. Falunien.	Miocène supérieur.		
		29. Limburg.	Miocène inférieur.		
	III. Terrains secondaires ou couches méolithiques mésozoïques.	X. Eocène (tertiaire ancien).	28. Gypse.	Éocène supérieur.	
			27. Calcaire grossier.	Éocène moyen.	
		IX. Craie.	26. Argile de Londres.	Éocène inférieur.	
			25. Craie blanche.	Crétacé supérieur.	
II. Terrains primaires ou couches péolithiques paléozoïques.		VIII. Jura.	24. Grès vert.	Crétacé moyen.	
			23. Nécomien.	Crétacé inférieur.	
		VII. Trias.	22. Wealdien.	Apparition des forêts.	
			21. Portlandien.	Oolithique supérieur.	
		I. Terrains primordiaux ou couches archéolithiques archéozoïques.	VI. Permien. (nouveau grès rouge)	20. Oxfordien.	Oolithique moyen.
				19. Bathonien.	Oolithique inférieur.
	V. Carbonifère (houille).		18. Lias.	Formation du lias.	
			17. Keuper.	Trias supérieur.	
IV. Devonien (vieux grès rouge)	16. Muschelkalk.		Trias moyen.		
	15. Grès bigarre.		Trias inférieur.		
III. Silurien.	14. Zechstein.	Permien supérieur.			
	13. Nouveau grès rouge.	Permien inférieur.			
II. Cambrien.	12. Grès houiller.	Carbonifère supérieur.			
	11. Calcaire carbonifère.	Carbonifère inférieur.			
I. Laurentien.	10. Pilton.	Devonien supérieur.			
	9. Ilfracombe.	Devonien moyen.			
I. Oitqwa.	8. Linton.	Devonien inférieur.			
	7. Ludlow.	Silurien supérieur.			
I. Oitqwa.	6. Ludoverry.	Silurien moyen.			
	5. Landello.	Silurien inférieur.			
I. Oitqwa.	4. Postdam.	Cambrien supérieur.			
	3. Longmynd.	Cambrien inférieur.			
I. Oitqwa.	2. Labrador.	Laurentien supérieur.			
	1. Oitqwa.	Laurentien inférieur.			

Déjà, dans les leçons précédentes, nous nous sommes occupés de la grande influence exercée par cette époque ou période glaciaire sur la distribution géographique et topographique des organismes. L'époque suivante, ou période *postglaciaire*, ou époque diluvienne récente, durant laquelle la température s'élevait de nouveau et la glace reculait vers les pôles, est aussi fort importante pour expliquer l'état chorologique actuel.

C'est le développement de l'organisme humain et de sa civilisation, c'est la multiplication et la dispersion des hommes, qui caractérisent essentiellement l'âge quaternaire. Plus que tout autre organisme, l'homme a transporté, détruit, bouleversé la population animale et végétale du globe. Pour cette raison, et point du tout parce que nous assignons à l'homme une place privilégiée dans la nature, nous sommes en droit de considérer le développement du genre humain et de sa civilisation comme le point de départ d'une période dernière et toute spéciale de l'histoire organique terrestre. Ce fut vraisemblablement durant l'âge tertiaire récent ou pliocène, peut-être même durant l'âge tertiaire moyen ou myocène, que l'homme primitif sortit par évolution des singes anthropoïdes. Mais la création du langage, c'est-à-dire de l'instrument le plus utile au développement de l'intelligence humaine et à l'établissement de la souveraineté de l'homme sur le reste des organismes, eut lieu vraisemblablement à une époque que l'on distingue géologiquement de la période pliocène précédente, et que l'on appelle période pleistocène ou diluvienne. Quoique cette époque, qui s'étend depuis l'origine du langage humain jusqu'à nos jours, compte bien des milliers d'années, cent mille ans peut-être, sa durée s'évanouit presque devant celle de l'énorme laps de temps, qui s'est écoulé depuis le commencement de la vie organique sur la terre jusqu'à la formation du genre humain. Dans le tableau qui précède, nous voyons, à droite, la série classée paléontologiquement des terrains, des systèmes et des formations, c'est-à-dire des groupes grands ou petits de couches neptuniennes, contenant des fossiles, depuis la couche la plus superficielle ou alluvienne jusqu'aux sédiments les plus inférieurs ou Laurentiens. Le tableau nous montre à gauche la succession historique des périodes paléontologiques, grandes ou petites, qu'il faut compter en sens inverse depuis le système Laurentien jusqu'à l'époque quaternaire la plus récente.

Maintes fois on a essayé de déterminer approximativement

le nombre de milliers d'années, que représente l'ensemble de ces périodes. On a comparé à l'épaisseur totale des couches, dont nous avons dressé le tableau, l'épaisseur de la couche de limon que l'on a vu se déposer pendant un siècle et qui mesure quelques lignes ou quelques pouces. La puissance totale de l'ensemble des couches terrestres s'élève en moyenne à environ 130.000 pieds, dont 70.000 pour la période primordiale ou archéolithique; 42.000 pour la période primaire ou paléolithique, 15.000 pour la période secondaire ou mésolithique et enfin 3.000 pour la période tertiaire ou céolithique.

Quant au terrain quaternaire ou anthropolithique, sa faible épaisseur, que l'on ne saurait fixer même en moyenne, est tout à fait négligeable. On pourrait l'évaluer à 500 ou 700 pieds tout au plus. Naturellement, toutes ces données sont indiquées en moyenne; elles n'ont qu'une valeur approximative; elles ne peuvent servir qu'à indiquer à *peu près* la puissance relative des systèmes de couches et les périodes de temps qui y correspondent.

Si, maintenant prenant la durée totale de la vie organique sur la terre depuis son apparition jusqu'à nos jours, on la divise en cent parties égales; si, d'autre part, l'on compare à ce laps de temps l'ensemble correspondant des systèmes de couches, en additionnant les hauteurs moyennes de chacune d'elles, on pourra évaluer en centièmes la durée de chacune des cinq grandes divisions ou âges, et l'on obtiendra alors le résultat suivant :

I. Age archéolithique ou primordial	53,6
II. Age paléolithique ou primaire	32,1
III. Age mésolithique ou secondaire	11,5
IV. Age céolithique ou tertiaire	2,3
V. Age anthropolithique ou quaternaire	0,5
Somme	100,0

La durée de l'âge archéolithique, pendant lequel il n'existait encore aucun organisme terrestre végétal ou animal, mesure plus de la moitié, 53 p. 100, de la durée totale. Au contraire, la durée de l'âge anthropolithique comprend à peine un demi pour cent de l'âge organique terrestre. Quant à évaluer même approximativement en années la longueur totale de ces âges, cela est absolument impossible.

L'épaisseur du sédiment, qui se dépose actuellement pendant un siècle, et dont on a voulu se servir dans ce calcul comme unité de mesure, varie naturellement dans diverses localités, suivant la diversité des conditions. Ce dépôt est très faible sur le fond de l'Océan, dans le lit des fleuves larges et ayant un petit parcours, dans les lacs qui ont de maigres affluents; il est relativement considérable sur les rivages où la mer brise avec force, à l'embouchure des grands fleuves dont le parcours est considérable, dans les lacs où se déversent d'importants affluents. A l'embouchure du Mississipi, qui charrie des quantités de limon considérables, le dépôt n'est guère que de 600 pieds en 100.000 années. Sur le fond d'une mer libre et à une grande distance des côtes, à peine quelques pieds de sédiment représentent l'apport de ce long espace de temps. Même sur les côtes, où il se dépose proportionnellement beaucoup de limon, l'épaisseur des couches accumulées durant un siècle peut n'être que de quelques pouces ou quelques lignes, si le dépôt s'est consolidé en roches dures. Dans tous les cas, les calculs faits à ce sujet sont extrêmement douteux, et jamais nous n'arrivons à nous représenter, même approximativement, l'immense durée nécessaire à la formation de ces couches neptuniennes. Des appréciations relatives sont seules possibles.

On commettrait d'ailleurs une erreur grossière, en prenant seulement pour mesure de la durée géologique l'épaisseur de ces couches. En effet, il y a eu une perpétuelle alternance d'exhaussement et d'affaissement de l'écorce terrestre, et les différences minéralogiques et paléontologiques entre deux couches ou deux formations immédiatement superposées, correspondent vraisemblablement à un intervalle de bien des milliers d'années, durant lesquelles la localité que l'on examine est demeurée hors de l'eau. Ce fut seulement après cet intervalle, quand, par suite d'un nouvel affaissement, ce point eut été submergé une fois encore, que le sédiment a pu recommencer à se déposer. Mais, pendant ce laps de temps, la constitution inorganique et organique de cette localité s'était modifiée considérablement; c'est pourquoi les nouvelles strates n'avaient plus la même composition et ne renfermaient plus les mêmes fossiles.

C'est seulement en admettant une série de soulèvements et d'affaissements successifs du sol que l'on peut s'expliquer facilement les dissemblances frappantes entre les fossiles de deux

IV. Système des couches tertiaires. 3,000 p.		Éocène, Miocène, Pliocène.
III. Système des couches mésolithiques. Dépôts de l'âge secondaire. Environ 15,000 pieds.		IX. Système crétacé.
II. Système des couches paléolithiques. Dépôts de l'âge primaire. Environ 42,000 pieds.		VIII. Système jurassique.
		VII. Système triasique.
		VI. Système Permien.
		V. Système houiller.
		IV. Système Devonien.
		III. Système Silurien. Environ 22,000 pieds.
		II. Système Cambrien. Environ 18,000 pieds.
		I. Système Laurentien. Environ 30,000 pieds.
TABLEAU des systèmes de couches neptuniennes fossilifères avec indication de leur épaisseur moyenne. Environ 130,000 pieds.	I. Système des couches archéoli- tiques. Dépôts de l'âge primordial. Environ 70,000 pieds.	

strates superposées. Aujourd'hui encore, ces exhaussements et ces affaissements alternatifs du sol se produisent sur une grande échelle, et on les attribue à la réaction du noyau central en fusion sur l'écorce solide du globe. C'est ainsi, par exemple, que les côtes de la Suède et une partie des rivages occidentaux de l'Amérique du Sud s'exhausent perpétuellement, tandis que les côtes de la Hollande et une partie des côtes orientales de l'Amérique du Sud s'affaissent lentement. Ces deux mouvements inverses s'effectuent l'un et l'autre avec une grande lenteur; en un siècle, ils mesurent tantôt quelques lignes, tantôt quelques pouces, au plus quelques pieds. Mais que ce mouvement se prolonge durant des centaines de milliers d'années et il suffira à former les plus hautes montagnes.

Évidemment, des oscillations du sol analogues à celles que nous constatons de nos jours ont dû s'effectuer sans interruption en divers points du globe durant le cours de l'histoire organique de la terre. La distribution géographique des organismes suffirait seule à l'indiquer. Mais, pour apprécier à leur juste valeur nos documents paléontologiques, il est extraordinairement important de bien montrer que les couches actuelles se sont déposées uniquement durant les lents mouvements d'affaissement du sol au-dessous des eaux et pas du tout durant les périodes de soulèvement. A mesure que le sol s'abaisse graduellement au-dessous du niveau de la mer, les sédiments se forment dans une eau de plus en plus profonde et tranquille, et là leur condensation en roches peut s'opérer sans trouble. Quand, au contraire, le sol s'exhausse lentement, alors les couches sédimentaires les plus récemment déposées arrivent avec les fossiles qu'elles contiennent dans le mouvant domaine des vagues, et elles sont détruites, elles et leurs débris organiques, par le choc des flots. On voit donc qu'en vertu de ces raisons si simples et si importantes, les strates formées durant une longue période d'affaissement du sol peuvent seules renfermer un riche butin de débris organiques. Si deux formations sédimentaires distinctes correspondent à deux périodes d'affaissement du sol, distinctes aussi, nous sommes forcés de supposer entre elles une période d'exhaussement, dont nous ne savons absolument rien; car nul débris fossile des animaux et des plantes vivant alors n'a pu être conservé. Mais ces périodes de soulèvement, tout en n'ayant point laissé de traces, ne sont pas plus négligeables que les périodes alternantes d'affaissement

approximativement appréciables au moyen des strates fossilifères. La durée des premières n'a vraisemblablement pas été moindre que celle des secondes.

Vous voyez par là que nos documents sont nécessairement imparfaits; ils le sont d'autant plus que, durant ces périodes d'exhaussement, le monde animal et végétal a dû se diversifier tout particulièrement; c'est du moins ce que la théorie nous permet de supposer. En effet, toutes les fois que la terre ferme refoule l'eau, il se forme de nouvelles îles. Or les plantes et les animaux fortuitement déposés sur ce sol nouveau, y trouvent un vaste champ pour la concurrence vitale, qui favorise le développement des espèces nouvelles. Au contraire, durant le graduel affaissement d'une contrée, les chances sont plutôt en faveur de l'extinction de nombreuses espèces, amenant un mouvement rétrograde dans la formation spécifique. Les types intermédiaires entre les espèces anciennes et les nouvelles ont dû vivre surtout durant les périodes de soulèvement et, par conséquent, ces types n'ont guère pu nous laisser de débris fossiles.

Mais bien des circonstances fâcheuses viennent agrandir encore les brèches si notables et si regrettables que les périodes d'exhaussement ont faites dans nos archives archéologiques. Il faut mettre en première ligne *l'état métamorphique des plus anciens groupes de couches sédimentaires*, justement de celles qui contiennent ou ont contenu les restes des faunes et des flores les plus anciennes, les débris des formes ancestrales d'où sont descendus tous les organismes plus récents et qui par conséquent seraient pour nous du plus haut intérêt. Précisément ces roches, c'est-à-dire la plus grande partie des couches primordiales ou archéolithiques, presque tout le système Laurentien et une grande partie du système Cambrien, ne contiennent aucun débris déterminable, et la raison en est bien simple: c'est que ces couches ont été postérieurement modifiées et métamorphosées par l'action du feu central. La température incandescente du noyau terrestre a complètement changé la structure de ces strates originelles; elle les a fait passer à l'état cristallin; mais cela a entraîné la complète destruction des restes organiques enfouis dans ces sédiments. Ça et là, seulement, grâce à d'heureux hasards, on trouve quelques échantillons. Pourtant les gisements de charbon cristallin (graphite) et ceux de calcaire cristallin, qui se trouvent mêlés aux roches métamorphiques (marbres), nous montrent, sans con-

teste, que les couches de cette nature renfermaient autrefois des débris fossiles d'animaux et de plantes.

L'extrême pauvreté de nos archives de la création tient encore à ce que jusqu'ici une très petite partie de la surface du globe a été géologiquement explorée. Les recherches géologiques ont été faites surtout en Angleterre, en Allemagne et en France. Nous savons très peu de chose sur le reste de l'Europe, de la Russie, de l'Espagne, de l'Italie, de la Turquie. Dans ces contrées, quelques localités seulement ont été explorées; le reste nous est presque entièrement inconnu. On en peut dire autant de l'Amérique septentrionale et des Indes orientales. Là, du moins, quelques districts ont été étudiés; mais de la presque totalité du plus vaste des continents, de l'Asie, nous ne savons presque rien; de l'Afrique, presque rien non plus, si nous en exceptons le cap de Bonne-Espérance et les côtes de l'Afrique méditerranéenne. La Nouvelle-Hollande nous est inconnue presque tout entière, et nous savons fort peu de chose de l'Amérique du Sud. Vous le voyez : une très faible partie de la surface terrestre, le millième à peine, a été explorée à fond, au point de vue paléontologique. Nous sommes donc fondés à espérer qu'un jour, quand les explorations géologiques auront pris une plus grande extension, nous découvrirons encore beaucoup de fossiles importants. Notons que les constructions de chemins de fer, l'exploitation des mines, sont très favorables à des découvertes de ce genre. Cette espérance est fortifiée par des faits; ainsi l'on a exhumé des fossiles très remarquables dans les rares localités de l'Afrique et de l'Asie, qui ont été soigneusement étudiées. Une série de types animaux tout particuliers nous a été ainsi révélée. D'autre part, il faut considérer que le fond des mers actuelles comprend un espace énorme, inaccessible quant à présent aux recherches paléontologiques. Conséquemment, l'homme ne connaîtra jamais les fossiles des âges primitifs enfouis dans ces vastes régions; tout au plus les pourra-t-il étudier dans bien des milliers d'années, quand le fond des mers actuelles aura émergé par suite de lents exhaussements. Or, songez que les continents forment environ les deux cinquièmes seulement de la surface terrestre, dont les trois cinquièmes sont submergés, et vous verrez quelle énorme lacune résulte de ce fait dans nos documents paléontologiques.

Il est encore toute une série de difficultés, qui ressortent, pour la paléontologie, de la nature même des organismes qu'elle

étudie. Notons tout d'abord qu'habituellement les parties dures, résistantes, des organismes se déposent seules au fond des mers ou des eaux douces, où elles sont englobées dans le limon et fossilisées. Les os et les dents des vertébrés, les enveloppes calcaires des mollusques, les squelettes en chitine, les squelettes calcaires des radiés et des coraux, les parties dures et ligneuses des plantes : voilà, par exemple, ce qui se fossilise le plus facilement. Il faut au contraire, des circonstances exceptionnellement favorables, pour que les parties molles, qui forment pourtant la plus grande partie du corps de la plupart des organismes, puissent parvenir au fond des eaux en assez bon état pour y être fossilisées ou du moins pour laisser dans le limon une empreinte bien nette de leurs contours extérieurs. Or, songez maintenant que des classes d'organismes tout entières n'ont pas la moindre partie solide ; il en est ainsi, par exemple, pour les méduses, les mollusques nus, une grande partie des articulés, presque tous les vers, et même pour les vertébrés les plus inférieurs. De même pour les plantes, précisément les parties les plus importantes, les fleurs, sont si molles, si délicates, qu'elles peuvent très rarement être suffisamment bien conservées. Nous ne pouvons donc pas espérer trouver des débris fossiles de tous ces organismes si intéressants. En outre, chez presque tous les êtres organisés les formes transitoires de la jeunesse sont si délicates qu'elles sont tout à fait impropres à la fossilisation. Aussi les fossiles que nous rencontrons dans les systèmes de couches neptuniennes, nous représentent seulement quelques rares types et le plus souvent quelques fragments de ces types.

Il faut aussi considérer que le corps des organismes marins a bien plus de chance que celui des organismes de la terre ferme et de l'eau douce de se conserver dans les couches sédimentaires. Pour que les organismes de terre ferme se fossilisent, il faut ordinairement que leurs cadavres tombent accidentellement dans l'eau et soient enfouis dans des couches sédimentaires en voie de pétrification ; ce qui dépend de maint hasard. Il est par conséquent tout naturel que la plupart des fossiles soient des débris d'animaux marins et que les fossiles de terre ferme soient relativement rares. Mais que de circonstances fortuites entrent ici en jeu ! On peut en juger par le fait suivant : nous ne possédons que le maxillaire inférieur d'un grand nombre de mammifères fossiles, spécialement de tous les mammifères de l'âge second-

daire. Cela provient de ce que cet os est relativement résistant et, en outre, se détache facilement des cadavres flottant dans l'eau. Pendant que les flots charrient le cadavre en décomposition, la mâchoire inférieure se détache, coule au fond de l'eau et y est englobée par le dépôt sédimentaire. Cela nous explique des faits singuliers; pourquoi, par exemple, dans une couche calcaire jurassique d'Oxford, en Angleterre, dans les ardoisières de Stonesfield, on n'a jusqu'ici trouvé que le maxillaire inférieur de quantité de marsupiaux, qui sont les plus anciens des mammifères. Quant au reste du système osseux de ces animaux, on n'en a pas découvert une seule pièce. Pour ne point se départir de leur logique ordinaire, les adversaires de la théorie évolutive en devraient conclure que ces animaux n'avaient qu'un seul os, le maxillaire inférieur. Certains faits nous montrent encore combien nombre de circonstances fortuites ont dû restreindre le champ de nos connaissances paléontologiques; j'entends parler de ces empreintes de pieds si nombreuses et si intéressantes, que l'on peut voir dans divers gisements de grès fort étendus, par exemple, dans le grès rouge du Connecticut, dans l'Amérique septentrionale. Ces empreintes proviennent manifestement de vertébrés, probablement de reptiles, dont nous ne possédons pas le plus mince débris. Seules, ces traces de pas nous attestent que ces animaux, d'ailleurs parfaitement inconnus, ont vécu jadis.

Songez encore que nous possédons seulement un ou deux exemplaires d'un grand nombre de fossiles très importants, et vous pourrez vous faire une idée de mille hasards qui ont rétréci le champ de nos connaissances paléontologiques. On a trouvé, il y a quelques années, dans le système jurassique, l'empreinte d'un oiseau extrêmement précieux pour la phylogénie de toute la classe des oiseaux. Tous ceux connus jusqu'à ce jour forment un groupe très uniformément organisé; point de formes de transition entre eux et les autres classes de vertébrés, sans en excepter les reptiles, qui en diffèrent le moins. Or, cet oiseau fossile du terrain jurassique avait, au lieu de la queue ordinaire des oiseaux, une queue de tortue; mais on supposait déjà, pour d'autres raisons, que les oiseaux descendaient des reptiles, et ce fait confirme la supposition. On le voit, ce fossile unique non seulement nous renseigne sur l'antiquité de la classe des oiseaux, mais il tend encore à prouver leur consanguinité avec les reptiles. Cet exem-

ple n'est pas unique, et il est d'autres groupes dont l'histoire a été entièrement bouleversée par la découverte d'un seul fossile. Mais on voit combien nos documents paléontologiques doivent être incomplets, puisque d'un grand nombre de fossiles importants nous ne possédons que de rares exemples ou même des fragments.

Une autre lacune plus grande et plus regrettable encore tient à ce que les formes intermédiaires, reliant les espèces, ne se maintiennent ordinairement pas, et cela par la raison fort simple qu'en vertu du principe de divergence des caractères, elles sont moins favorisées dans la lutte pour l'existence que les variétés plus divergentes provenant de la même souche. En général, à de rares exceptions près, les formes intermédiaires s'éteignent rapidement. Au contraire, les formes les plus divergentes peuvent se maintenir plus longtemps à titre d'espèces indépendantes; elles sont représentées par un plus grand nombre d'individus, et par conséquent elles ont plus de chances de laisser derrière elles des fossiles. De là ne s'ensuit pas cependant que les formes intermédiaires ne se conservent jamais; elles se conservent souvent très bien, et les paléontologistes classificateurs sont fréquemment dans la plus grande perplexité et trouvent des difficultés infinies à fixer, même arbitrairement, les limites des espèces.

Nous avons un frappant exemple de cette difficulté dans la célèbre Paludine d'eau douce de Stubenthal à Steinheim, dans le Wurtemberg. Ce mollusque protéiforme a été décrit tantôt comme appartenant au genre *Paludina*, tantôt au genre *Valvata*, tantôt à l'espèce *Planorbis multiformis*. Les coquilles d'un blanc neigeux de ces petits mollusques forment plus de la moitié d'une colline calcaire de l'âge tertiaire, et, dans cette localité, elles ont été décrites comme formant au moins vingt espèces distinctes et pouvant même se grouper en quatre genres. Mais ces formes extrêmes sont reliées par tant de formes intermédiaires tellement graduées que Hilgendorf a pu tracer de la manière la plus nette l'arbre généalogique du groupe entier. Ces formes intermédiaires abondent aussi chez beaucoup d'autres espèces fossiles, par exemple, chez les ammonites, les térébratules, les oursins, les actinies, etc., à tel point qu'elles font le désespoir des spécificateurs.

Tenez compte de tous les faits que nous venons de citer et dont il serait très facile d'allonger la liste, et ne vous étonnez plus des

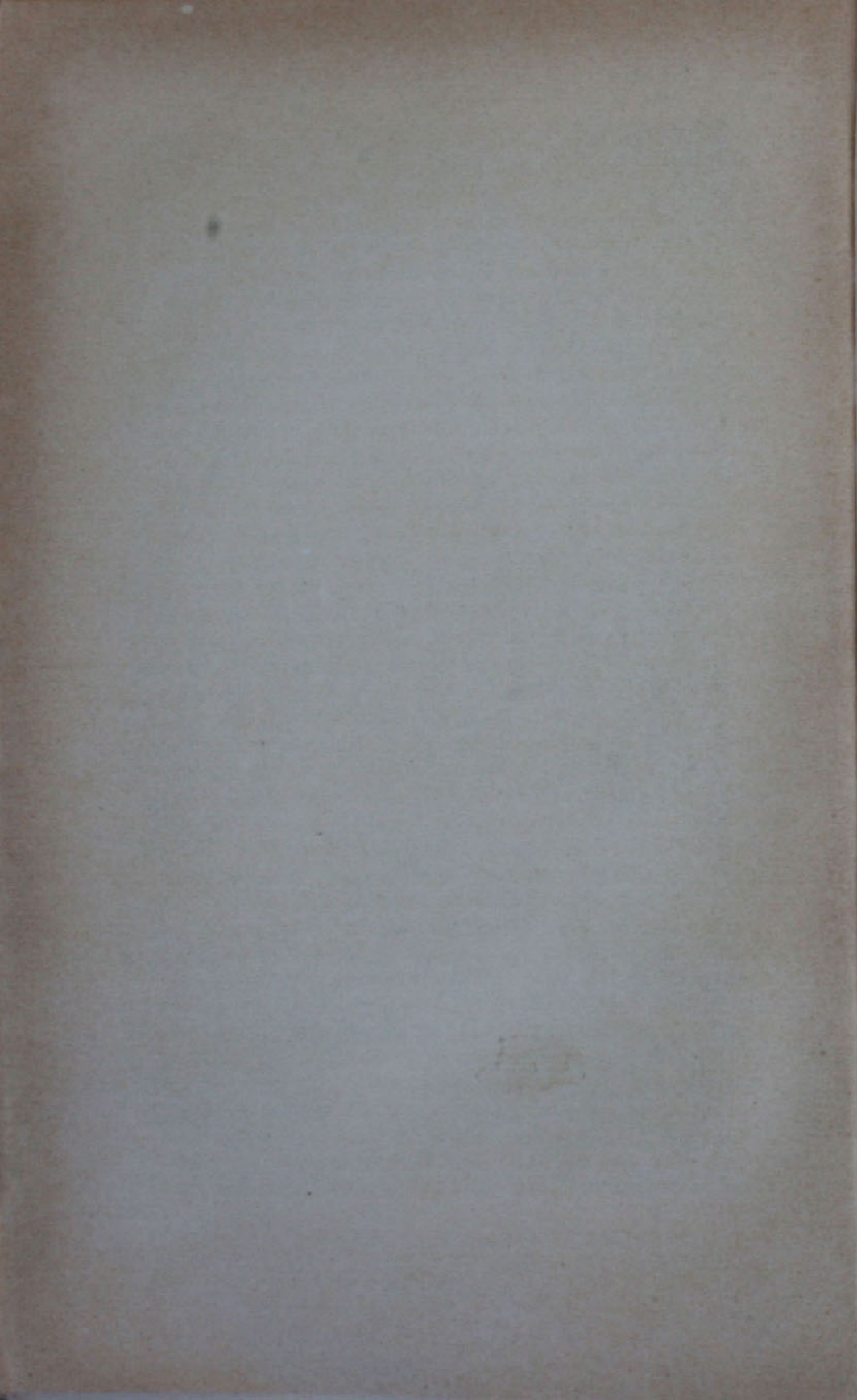
énormes lacunes ni de l'extrême imperfection des archives paléontologiques sur lesquelles repose l'histoire de la création. Néanmoins les fossiles actuellement exhumés ont la plus grande valeur. Leur importance au point de vue de l'histoire naturelle de la création est comparable à celle de la fameuse inscription de Rosette et du décret de Canopus au point de vue de l'histoire proprement dite, de l'archéologie et de la philologie. De même que, par ces deux inscriptions, le champ de l'histoire égyptienne s'est agrandi, grâce à la clef des hiéroglyphes qu'elles nous ont livrée, ainsi, dans nombre de cas, quelques os d'un animal, une empreinte incomplète d'un type animal ou végétal nous servent de base solide pour faire l'histoire d'un groupe tout entier et en dresser l'arbre généalogique. Une paire de petites molaires trouvées dans la formation keuprienne du trias a suffi pour prouver l'existence des mammifères dès la période triasique.

Darwin est d'accord avec Lyell, le plus grand des géologues vivants, quand il dit, en parlant de l'imperfection du récit géologique de la création : « Le récit de la création, tel que nous le montre la paléontologie, est une histoire de la terre imparfaitement conservée et écrite dans des dialectes qui sans cesse se modifient. En outre, le dernier volume de cette histoire est seul venu jusqu'à nous et il a trait seulement à une partie de la surface terrestre. Encore n'avons-nous de ce volume que de courts chapitres épars, et de chaque page de ces chapitres il ne nous reste aussi que quelques lignes conservées çà et là. Comme chaque mot de la langue employée pour écrire ce récit va se modifiant sans cesse dans la série des chapitres, on peut le comparer, lorsque cette série est interrompue, à ces types organisés, qui semblent se modifier brusquement dans la succession immédiate de couches géologiques très distantes l'une de l'autre. »

Ayez toujours présente à l'esprit cette extrême imperfection de nos documents paléontologiques, et vous ne vous étonnerez plus de nous voir réduits à des hypothèses incertaines, quand nous voulons tracer réellement l'arbre généalogique des divers groupes organiques. Cependant, outre les fossiles, nous possédons encore, heureusement, pour faire l'histoire généalogique des organismes, d'autres documents, qui n'ont pas moins de valeur et souvent même en ont davantage. De ces documents, les plus importants, de beaucoup, sont incontestablement ceux que nous fournit l'ontologie ou histoire évolutive de l'individu (embryologie et méta-



1. Homme. — 2. Gorille. — 3. Orang. — 4. Chien.
 5. Phoque. — 6. Dauphin. — 7. — Chauve-Souris. — 8. Taupe
 9. Ornithorhynque.



morphologie). Cette évolution nous retrace à grands traits la série des formes par lesquelles ont passé les ancêtres de l'individu, à partir de la racine de l'arbre généalogique. Puisque cette histoire de l'évolution paléontologique des ancêtres représente pour nous l'histoire généalogique, la phylogénie, nous pouvons formuler maintenant la loi fondamentale et biogénétique suivante : « L'ontogénie est une répétition, une récapitulation brève et rapide de la phylogénie, conformément aux lois de l'hérédité et de l'adaptation. » En revêtant, à partir du commencement de leur existence individuelle, une série de formes transitoires, chaque animal, chaque plante nous reproduisent, dans une succession rapide et dans ses contours généraux, la longue et lente série évolutive des formes transitoires par lesquelles ont passé leurs ancêtres, depuis les âges les plus reculés. (Voir mon *Anthropogénie*, 136.) Mais l'esquisse phylogénique tracée par l'ontogénie des organismes est habituellement plus ou moins infidèle; elle l'est d'autant plus que, dans le cours des âges, l'adaptation a prédominé davantage sur l'hérédité et que les deux lois d'hérédité abrégée et d'adaptation réciproque ont agi plus énergiquement. Mais cela n'amointrit en rien la grande valeur de ceux des traits de cette esquisse, qui sont réellement fidèles. *C'est surtout pour la connaissance de l'évolution paléontologique la plus ancienne que l'ontogénie est d'une inappréciable valeur.* En effet, de ces états transitoires si anciens des groupes et des classes il ne nous est resté aucun débris fossile, et il n'en pouvait être autrement, tant ces organismes étaient mous et délicats. Quel fossile aurait pu nous conserver la trace des faits si extrêmement importants que l'ontogénie nous raconte, nous dire que les plus anciennes formes ancestrales, communes à l'ensemble des animaux et des plantes, ont été tout d'abord des cellules simples, des œufs? Quel débris pétrifié aurait pu nous démontrer que l'infinie variété des formes, chez les organismes pluricellulaires, provient simplement de la multiplication du groupement fédératif, de la division du travail de ces cellules? Pourtant ce sont là des faits que l'ontogénie a établis. C'est ainsi que l'ontogénie nous aide à combler les lacunes si grandes et si nombreuses de la paléontologie.

La paléontologie et l'ontogénie ne sont pas seules à nous fournir des titres généalogiques, attestant la consanguinité des organismes : l'anatomie comparée nous en offre dont la valeur n'est pas moins inestimable. Toutes les fois que des organismes exté-

riement très différents sont presque identiques dans leur structure interne, on en peut conclure, sans hésiter, que l'identité provient de l'hérédité, et la dissemblance de l'adaptation. Comparez, par exemple, les mains ou plutôt les extrémités antérieures de neuf mammifères différents. Dans ces neuf extrémités, on trouve toujours, quelle que soit la diversité des formes extérieures, les mêmes os en nombre égal, dans la même position et le même mode de groupement. Que la main de l'homme diffère fort peu de celle de ses plus proches parents, le gorille, et l'orang, cela semblera sans doute fort naturel; mais que la patte du chien, la nageoire pectorale du pboque et du dauphin soient essentiellement construites de la même façon, voilà qui paraîtra déjà plus surprenant. Pourant on s'étonnera bien autrement de voir les mêmes os constituer à la fois l'aile de lachauve-souris, la patte en forme de pioche de la taupe et l'extrémité antérieure du plus imparfait des mammifères, de l'ornithorynque. Le volume et la forme des os ont seuls subi de notables modifications; leur nombre, leur disposition, leur mode d'articulation, n'ont pas varié. A quoi serait-il possible d'attribuer cette étonnante homologie, cette parité de la structure interne essentielle sous la diversité des formes extérieures? A quoi, sinon à une hérédité commune provenant d'ancêtres communs. Mais si, descendant plus bas encore que le groupe des mammifères, vous trouvez que même les ailes des oiseaux, les pattes antérieures des reptiles et des amphibiés sont, essentiellement et de la même manière, constituées par les mêmes os que les bras de l'homme et les membres antérieurs des autres mammifères, vous en pourrez déjà conclure sûrement la communauté d'origine de tous ces vertébrés. L'analogie des formes fondamentales nous indique donc ici comme partout le degré de consanguinité.

SEIZIÈME LEÇON

Arbre généalogique et histoire du règne des protistes.

Image détaillée de la théorie de la descendance dans la classification naturelle des organismes. — Construction de l'arbre généalogique. — Tous les organismes pluricellulaires descendent d'organismes unicellulaires. — Les cellules proviennent des monères. — Idée des souches organiques ou phyles. — Nombre des souches du règne animal et du règne végétal. — Hypothèses d'une descendance unitaire, monophylétique ou d'une descendance multiple, polyphylétique. — Le règne des protistes ou êtres primitifs. — Les classes du règne des protistes. — Monères. — Amibes. — Infusoires vibratiles ou flagellaires. — Catalactes ou magosphères. — Infusoires. — Ciliaires et acinètes. — Labyrinthulés. — Cellules siliceuses ou diatomées. — Champignons mucilagineux ou mycomycètes. — Organismes à pieds radicoules ou rhizopodes. — Remarques sur l'histoire générale des protistes : Leur physiologie, leur composition chimique et leur conformation (individualité et forme fondamentale). — Phylogénie du règne des protistes.

Messieurs, l'évolution individuelle et l'évolution paléontologique, comparées entre elles et rapprochées de l'anatomie comparée, nous ont permis de constater entre les organismes une parenté *morphologique*. Mais cela même nous renseigne aussi sur leur parenté véritable, sur leur *consanguinité*, qui, nous le savons par la théorie de la descendance, est la vraie cause de la parenté morphologique. En rapprochant et confrontant les résultats empiriques de l'embryologie, de la paléontologie, de l'anatomie comparée, en complétant ces résultats l'un par l'autre, nous parvenons à connaître approximativement la classification naturelle, et, pour nous, cette classification est l'arbre généalogique des organismes. Mais ici, comme partout, notre savoir humain a pour caractère d'être fragmentaire; ce qui peut s'expliquer, sans invoquer d'autres raisons que l'extrême imperfection et les lacunes nombreuses de nos archives paléontologiques. Il ne s'ensuit pas pour cela, que nous devions renoncer à aborder ce problème,

biologique, de tous le plus élevé. Nous allons même voir qu'en dépit de l'imperfection de nos connaissances embryologiques et anatomiques, nous pouvons dès à présent établir hypothétiquement, mais approximativement, la filiation des organismes.

Dans ses ouvrages, Darwin ne donne aucune réponse à cette question spéciale de la théorie généalogique. Il suppose seulement, en passant, « que les animaux descendent de quatre ou cinq types ancestraux tout au plus, et que les plantes ont eu le même nombre d'ancêtres primitifs, peut-être moins encore ». Mais, comme en ces quelques types primordiaux il y a encore des traces de filiation, comme les règnes animal et végétal eux-mêmes sont reliés par des formes de transition, Darwin en arrive à supposer « que tous les êtres organisés, ayant vécu sur la terre, descendent vraisemblablement d'une seule force primitive ». A l'imitation de Darwin, tous les partisans de la théorie de la descendance se sont contentés de traiter la question d'une manière générale. Jamais personne n'a pris le problème corps à corps; jamais on n'a réellement regardé « la classification naturelle » comme « l'arbre généalogique des organismes ». Si donc nous voulons nous engager dans cette difficile entreprise, nous serons réduits à nos seules forces.

Il y a quelques années, dans l'introduction systématique de mon histoire générale de l'évolution (dans le deuxième volume de ma *Morphologie générale*), j'ai dressé hypothétiquement quelques tableaux généalogiques des principaux groupes organiques. Ce fut la première tentative, faite conformément aux données de la théorie évolutive, pour construire effectivement l'arbre généalogique du monde organisé. Je ne m'étais dissimulé en aucune façon les difficultés extraordinaires du problème; en essayant de le résoudre, en dépit de tous les obstacles, ma seule prétention était de frayer la route et de susciter de plus heureux efforts. Très vraisemblablement la plupart des zoologistes et des botanistes ont été fort peu satisfaits de ce premier essai, au moins en ce qui concerne le domaine restreint de leur spécialité. Mais ici, comme partout, il est plus aisé de critiquer que de mieux faire, et, puisque jusqu'ici aucun naturaliste n'a construit un arbre généalogique meilleur ou seulement autre que le mien, cela suffit pour prouver l'immense difficulté de ce problème si complexe. Mais, de même que toutes les autres hypothèses scientifiques invoquées pour expliquer les faits, mes hypothèses généalo-

giques méritent d'être prises en considération tant qu'elles n'auront pas été remplacées par quelque chose de mieux.

J'espère que ce mieux se réalisera promptement, et je serais infiniment heureux que mon coup d'essai déterminât beaucoup de naturalistes à construire, au moins dans les limites de leur spécialité, des arbres généalogiques plus exacts pour des groupes isolés d'animaux et de végétaux. Le temps aidant, des tentatives répétées de ce genre élargiraient notre science généalogique et la complèteraient peu à peu bien que l'on puisse prédire hardiment que jamais l'arbre généalogique du monde organique ne sera parfait. Toujours il nous manquera des documents paléontologiques, dont la perte est irrémédiable. Jamais, pour les raisons précitées, nous ne pourrons compulsier les archives primitives. Les premiers organismes, les ancêtres de tous les autres, doivent nécessairement avoir été les monères, c'est-à-dire de simples glomérules albuminoïdes, mous, amorphes, sans structure, absolument dépourvus de parties solides et nettement modelées. Naturellement ces êtres et leur postérité immédiate ne pouvaient en aucune façon se conserver par la fossilisation. Mais, en outre, pour les raisons que nous avons indiquées dans la dernière leçon, nous sommes privés de la plupart des innombrables documents paléontologiques qui nous seraient indispensables pour tracer, en connaissance de cause, le véritable arbre généalogique du monde organique. Si néanmoins j'ose m'engager dans cette entreprise hasardeuse, c'est que deux autres séries de documents peuvent me servir de guides et d'appui. Ces documents, qui complètent, au moins pour l'essentiel, les archives paléontologiques, sont fournis par l'ontogénie et l'anatomie comparée.

Si nous consultons avec soin ces précieux documents, si nous les comparons entre eux, nous constatons d'emblée un fait vraiment capital, savoir : que la plupart des organismes, et spécialement les plantes et les animaux d'ordre supérieur, sont composés d'un grand nombre de cellules, mais tirent leur origine d'un œuf, qui est une cellule, parfaitement simple, un globe de substance albuminoïde, contenant un autre corpuscule de même nature, le noyau cellulaire. Cette cellule à noyau grossit ; il en provient par scissiparité un amas cellulaire, engendrant, comme nous l'avons indiqué précédemment, par division du travail, les formes variées des espèces animales et végétales. Nous pouvons suivre pas à pas cette évolution si importante et si digne

d'admiration; chaque jour elle se reproduit sous nos yeux dans le développement embryologique de chaque animal, de chaque plante, et nous renseigne mieux que ne le pourraient faire tous les fossiles, sur l'évolution paléontologique, sur l'origine de tous les organismes pluricellulaires, de tous les végétaux et animaux supérieurs. En effet, l'ontogénie, l'évolution embryologique étant simplement une récapitulation de l'évolution paléontologique effectuée par la série des ancêtres, nous en pouvons conclure sûrement que *tous les animaux et tous les végétaux pluricellulaires descendent d'organismes unicellulaires*. C'est là une conclusion aussi simple qu'importante. Les ancêtres primitifs de l'homme, ceux de tous les autres mammifères, de tous les animaux, de tous les végétaux pluricellulaires étaient des cellules solées ! C'est l'œuf des animaux, c'est la cellule ovulaire des plantes, qui nous révèlent sûrement l'inestimable secret de l'arbre généalogique des organismes. Si les adversaires de la descendance nous objectent qu'il serait merveilleux et incompréhensible qu'un organisme pluricellulaire extrêmement complexe ait pu provenir, à travers les âges, d'un organisme unicellulaire, nous pouvons répondre tout simplement que cette incroyable merveille s'accomplit à chaque instant sous nos yeux. En effet, l'embryologie des animaux et des plantes nous reproduit clairement, mais dans un laps de temps très court, la succession des phases évolutives parcourues par les groupes entiers, depuis leur origine, à travers les cycles immenses.

Les documents embryologiques nous autorisent à affirmer que tous les organismes pluricellulaires descendent originellement de cellules simples, d'où nous concluons naturellement que les règnes animal et végétal ont eu une souche primitive commune. Mais les diverses cellules-souches primitives, d'où sont sortis les groupes principaux ou « phylés » du règne animal et du règne végétal, peuvent elles-mêmes avoir acquis leurs caractères différentiels; elles aussi peuvent descendre d'une cellule primordiale. D'où viendraient donc ces cellules ou cette cellule-souche primitive ? Pour répondre à cette question fondamentale de la généalogie organique, nous n'avons qu'à renvoyer à notre théorie des plastides et à l'hypothèse de la génération spontanée.

Comme nous l'avons montré, on ne peut guère attribuer à la génération spontanée la production immédiate de vraies cellules; ce qu'on peut regarder comme son œuvre, ce sont seulement des

monères, des êtres primitifs aussi simples qu'on les puisse imaginer, des organismes analogues à nos protamibes, à nos protomycètes actuels, etc. (fig. 1). Ces corpuscules muqueux, homogènes, composés d'une substance albuminoïde aussi homogène que celle d'un cristal organique, mais qui pourtant sont doués des deux fonctions organiques fondamentales de la nutrition et de la génération, peuvent seuls être nés directement et par ontogénie de la matière organique durant la période Laurentienne. Pendant que certaines monères conservaient la simplicité de leur organisation première, d'autres se transformaient peu à peu en cellules, et un noyau interne se séparait de leur substance albuminoïde homogène. D'autre part, il se forma par différenciation à la surface de la substance cellulaire une membrane externe, et cela se fit aussi bien autour des cytodes simples, sans noyau, que des cellules nues, contenant un noyau. Par ces deux phénomènes de différenciation si simples, par la formation d'un noyau interne et d'une membrane externe, les cytodes primitifs, si rudimentaires, les monères, donnèrent naissance aux quatre différentes espèces de plastides ou individus primaires, dont tous les organismes sont descendus par différenciation et association. Mais les monères sont les sources originelles de toute vie.

Avant de passer outre, il est une question à laquelle il faut tout d'abord répondre : toutes les souches organiques, cytodes et monères, et aussi ces cellules souches, que nous avons considérées comme les souches ancestrales des quelques grandes divisions des règnes animal et végétal, tous ces organismes sont-ils originellement descendus d'un seul type de monères ? Ou bien y a-t-il diverses souches organiques, de chacune desquelles une espèce spéciale de monères est descendue par une génération spontanée particulière, indépendante ? En d'autres termes, le monde organique tout entier a-t-il une commune origine, ou provient-il d'actes multiples de génération spontanée ? De prime abord la question semble avoir une extrême importance. Par un examen plus attentif, on voit qu'il n'en est rien, et que même, au fond, c'est là une question secondaire.

Commençons par bien préciser, bien déterminer ce que nous entendons par *souche* ou *lignée organique*. Pour nous, la lignée organique, le *phylum*, est la collection de tous les organismes dont la consanguinité, établie sur des preuves anatomiques ou embryologiques, nous autorise à les considérer comme descen-

dant à l'origine d'une forme ancestrale commune. Nos lignées, tribus ou phyles, sont aussi essentiellement identiques avec les quelques « grandes classes » ou « catégories principales », dont chacune, selon Darwin, renferme seulement des organismes consanguins, et qui, dans chacun des deux règnes organiques, sont seulement au nombre de quatre ou cinq. Dans le règne animal, nos phyles répondent à peu près aux quatre ou six grandes divisions, que, depuis Baer et Cuvier, les zoologistes appellent « types principaux », « groupes généraux », « embranchements, etc. ». Baer et Cuvier en distinguent seulement quatre : 1^o les *vertébrés*; 2^o les *articulés*; 3^o les *mollusques*; 4^o les *radiés*. Actuellement on en reconnaît ordinairement sept, en subdivisant le groupe des articulés en deux groupes, savoir les articulés en *arthropodes* et en *vers*, et les radiés en trois groupes : *échinodermes*, *zoophytes* et *protozoaires*. Quelle que soit la diversité de forme et de structure des animaux compris dans chacun de ces six groupes, pourtant ils ont en commun tant de caractères importants qu'on ne saurait douter de leur consanguinité dans les limites de chacun des groupes. On en peut dire autant des six divisions principales que reconnaît la botanique moderne et qui sont : 1^o les *phanérogames*; 2^o les *fougères*; 3^o les *mousses*; 4^o les *lichens*; 5^o les *champignons*; 6^o les *algues*. Les trois derniers groupes même ont entre eux tant de rapports étroits, que l'on peut les fondre ensemble sous le nom de *thallophytes*, par opposition aux trois premiers. Le nombre des phyles ou divisions principales du règne végétal est alors réduit à quatre. Mais on peut encore réunir les mousses et les fougères sous le nom de *prothallophytes*, et alors le nombre des grands groupes se trouve ramené à trois : les *phanérogames*, les *prothallophytes* et les *tallophytes*.

Mais il y a de fortes raisons anatomiques et embryologiques de supposer que même ces quelques grandes divisions ou tribus se touchent par leurs racines, c'est-à-dire que leurs types les plus inférieurs, les plus anciens sont aussi consanguins. Un examen plus attentif nous fait même faire encore un pas de plus et nous ramène à l'hypothèse de Darwin. Les deux arbres généalogiques des règnes animal et végétal se touchant par leurs bases, les animaux et les végétaux les plus inférieurs, les plus anciens, descendent d'une seule et même forme ancestrale. Naturellement, selon notre manière de voir, ce premier organisme commun n'a pu être qu'une monère née par génération spontanée.

Cependant il est sage de se demander s'il ne vaudrait pas mieux s'arrêter, au moins provisoirement, avant de franchir ce dernier pas, et admettre une consanguinité véritable seulement dans chaque groupe ou phylum, là où des faits empruntés à l'anatomie comparée, à l'ontogénie et à la phylogénie ne permettent pas de révoquer en doute une étroite parenté. Mais, dès à présent, nous pouvons voir que les deux formes principales de l'hypothèse généalogique sont possibles: nous pouvons prédire qu'à l'avenir les travaux relatifs à l'origine des grands groupes organiques conduiront dans les deux directions, en inclinant plus ou moins vers l'une ou l'autre. Le but de l'hypothèse généalogique monogénique ou monophylétique est de rattacher chacun des groupes organiques et aussi l'ensemble de ces groupes à une seule espèce de monère née par génération spontanée. Au contraire, l'hypothèse polygénique ou polyphylétique veut que diverses espèces de monères soient nées par génération spontanée et que d'elles soient sorties les grandes classes organiques (lignées, tribus ou phyles). A première vue, ces deux manières de voir semblent radicalement opposées; en réalité, l'antithèse est sans importance. En effet, il est de toute nécessité que l'une et l'autre hypothèse aboutissent aux monères comme à la souche primitive. Mais le corps de toutes les monères étant simplement un globule de substance carbonée albuminoïde, homogène, et amorphe, les différences entre les diverses monères ne peuvent être que de nature chimique; ce sont des dissemblances dans la constitution atomique des diverses substances albuminoïdes. Ces différences, si délicates et si complexes, dans la composition chimique, infiniment variée, des corps albuminoïdes, échappent quant à présent à nos grossiers procédés d'observation et sont par conséquent dépourvues d'intérêt pour la question qui nous occupe.

Cette question de l'origine unique ou multiple se pose de nouveau à propos de chaque groupe petit ou grand. Pour le règne végétal, par exemple, certains botanistes inclinent à faire descendre toutes les plantes phanérogames d'un seul type de fougère; d'autres, au contraire, aiment mieux rattacher l'origine des divers groupes phanérogamiques à divers groupes de fongères. Il en est de même pour le règne animal: selon certains zoologistes, tous les mammifères à placenta descendent d'un seul type marsupial; pour les autres, les divers groupes placentaires proviendraient de groupes variés de marsupiaux. L'origine du genre

humain remonterait, selon les uns, à un seul type simien, tandis que, pour les autres, les diverses espèces humaines seraient issues isolément de diverses espèces simiennes. Sans vouloir prendre ici parti pour l'une ou l'autre manière de voir, je ne puis m'empêcher de faire remarquer qu'en général, pour les types supérieurs, les hypothèses monogéniques, monophylétiques, méritent la préférence, mais qu'il en est tout autrement pour les groupes inférieurs. Déjà précédemment nous avons examiné l'hypothèse des centres de création uniques, des patries spéciales où la plupart des espèces auraient isolément pris naissance. Conformément à cette idée, nous devons admettre que chaque groupe naturel, grand ou petit, s'est formé une seule fois et en un seul point du globe. C'est surtout pour les groupes animaux et végétaux, notablement différenciés et haut placés dans la série, que cette première racine unique, cette origine monophylétique, sont de rigueur. Il est, au contraire, fort possible qu'un jour, quand la théorie généalogique sera mieux étudiée, l'on puisse démontrer l'origine polyphylétique de beaucoup de groupes inférieurs appartenant aux deux règnes organiques.

Pour ces motifs, je crois plus sage aujourd'hui d'admettre provisoirement la théorie monophylétique, d'une part, pour le règne animal, et, de l'autre, pour le règne végétal. Les sept tribus ou phyles du règne animal se confondraient ainsi à leur origine première, et les trois ou six grandes divisions, ou phyles, du règne végétal descendraient d'une souche commune primitive. Quant au mode probable de filiation entre ces tribus, nous en parlerons dans la prochaine leçon. Mais il nous faut préalablement nous occuper d'un groupe organique fort remarquable, qui ne peut se ranger, du moins naturellement, ni dans le cadre généalogique du règne animal, ni dans celui du règne végétal. Ces organismes si intéressants sont les êtres primaires, ou les *protistes*.

Chez tous les organismes que nous appelons protistes, il y a, dans la forme extérieure, dans la structure profonde, dans le jeu de la vie, un si singulier mélange de propriétés animales et végétales, que l'on n'est fondé à les classer dans aucun des deux règnes, et que, depuis vingt ans, il s'est engagé à ce sujet des débats interminables et inutiles. La plupart des protistes sont d'un si petit volume, qu'ils sont peu ou point visibles à l'œil nu. Aussi presque tous ont-ils été découverts durant les cinquante dernières années, depuis que l'on a pu les observer avec les meilleurs microscopes

et plus fréquemment. Mais, dès que l'on s'est familiarisé davantage avec ces organismes, l'on a cessé de discuter sur leur vraie nature et leur place légitime dans la classification des organismes. Nombre de ces protistes sont déclarés animaux par les botanistes, végétaux par les zoologistes; c'est à qui n'en voudra point. D'autres protistes, au contraire, sont revendiqués à la fois par la botanique et la zoologie; on se les arrache. Ces contradictions ne tiennent pas à l'imperfection de nos connaissances au sujet des protistes, mais, à la nature même de ces organismes. La plupart des protistes sont constitués durant toute la durée de leur existence, par une simple cellule: mais, d'une part, les végétaux aussi bien que les animaux multicellulaires sont composés de cellules; d'autre part, les uns et les autres proviennent d'une cellule simple: rien donc à inférer, relativement à la généalogie des deux règnes, de la constitution unicellulaire des protistes. En réalité, il y a, chez la plupart des protistes, un mélange si intime de caractères animaux et végétaux, qu'en les classant dans l'un ou l'autre règne, chaque observateur suit uniquement son caprice. Suivant que l'on donne des deux règnes telle ou telle définition, suivant que l'on adopte telle ou telle particularité comme caractérisant l'animal ou la plante, on range les diverses classes de protistes plutôt dans un règne que dans l'autre. Cet embarras tient à une insurmontable difficulté, c'est que les récentes recherches au sujet des organismes inférieurs ont confondu ou du moins effacé les frontières tranchées, jadis admises entre les deux règnes, et cela à un tel point que, pour les rétablir, il faut nécessairement recourir à une définition artificielle. Mais une foule de protistes refusent encore, et absolument, de se conformer à de telles définitions.

Pour ces raisons et beaucoup d'autres, il est mieux, au moins jusqu'à nouvel ordre, de chasser ces êtres neutres aussi bien du règne animal que du règne végétal, et de les réunir dans un troisième règne intermédiaire. Dans mon anatomie générale, telle qu'elle est exposée dans le premier volume de ma *Morphologie générale*, j'ai traité à fond de ce règne intermédiaire, en l'appelant *Règne des Protistes* (*Morph. gén.*, I, p. 191-238); dans ma *Monographie des monères*, j'en ai brièvement parlé, en le limitant différemment et en en donnant une définition plus nette. Actuellement, on peut diviser le règne des protistes en douze ou treize classes, indiquées dans le tableau suivant et qui se peuvent

grouper en quatre grands groupes; 1° les monères; 2° les bacillaires; 3° les infusoires; 4° les rhizopodes.

Les principaux groupes de protistes, que l'on peut actuellement subdiviser en douze ou treize classes, sont indiqués dans le tableau taxinomique ci-contre. Très probablement le nombre de ces protistes s'accroîtra notablement à l'avenir, à mesure que la connaissance de l'ontogénie des organismes élémentaires, dont on s'occupe activement depuis bien peu de temps encore, fera des progrès. C'est seulement dans le courant des quinze dernières années que l'on a bien connu les classes citées par nous. Les monères, qui offrent tant d'intérêt, les labyrinthoïdes, les catalactes, n'ont été pour la plupart découverts que dans ces dernières années. Quant à la fabuleuse richesse morphologique des radiolaires, vivant au fond des abîmes de la mer, elle ne nous a été révélée que par les admirables découvertes du Challenger. Ensuite, nombre de groupes de protistes se sont vraisemblablement éteints durant les âges géologiques primitifs, sans nous avoir légué aucun débris fossile, à cause du peu de dureté de leurs corps.

Rien de plus obscur encore que la généalogie des protistes. La confusion toute particulière des caractères animaux et végétaux chez ces organismes, l'instabilité de leurs formes et de leur physiologie, en outre, les caractères bien tranchés des différentes classes, tout cela ne permet pas, quant à présent, de bien déterminer leur parenté, soit entre eux, soit avec les animaux ou les végétaux inférieurs. Il n'est pas vraisemblable que les classes de protistes citées par moi, sans parler d'autres types encore inconnus, soient des tribus organiques indépendantes, des phyles, dont chacune descendrait d'une ou peut-être de plusieurs monères nées par génération spontanée. Que l'on admette la généalogie polyphylétique ou que l'on préfère l'hypothèse monophylétique de la consanguinité de tous les organismes, il faut toujours regarder les diverses classes de protistes comme des racines maîtresses, ayant poussé sur une souche première, représentée par les monères et supportant les deux arbres généalogiques si ramifiés du règne animal et du règne végétal. Avant de traiter en détail cette difficile question, il convient de dire quelques mots du contenu des classes de protistes précitées et de leur histoire naturelle générale. Au plus humble rang du règne des protistes et du monde organique tout entier se trouvent les monères (*monera*), ces

TABLEAU ET CLASSIFICATION

DES GROUPES GRANDS ET PETITS DU RÈGNE DES PROTISTES.

GRANDES GROUPES DU RÈGNE DES PROTISTES.	CLASSES DU RÈGNE DES PROTISTES.	ORDRES DES CLASSES.	UN NOM DE GENRE A TITRE D'EXEMPLE.
I. Monera.	1. Monera.	1. Lobomonera.	Protamaeba.
		2. Rhizomonera.	Protomyxa.
		3. Tachymonera.	Bacterium.
II. Bacillariae.	2. Diatomæ.	4. Naviculatæ.	Navicula.
		5. Echinellatæ.	Cocconeæ.
		6. Lacerinatæ.	Frustulia.
III. Infusoria.	3. Labyrinthulæ.	7. Labyrinthulæ.	Labyrinthula.
		8. Nudoflagellatæ.	Euglena.
		9. Thecoflagellatæ.	Dinobryum.
	4. Flagellata.	10. Cilioflagellatæ.	Peridinium.
		11. Cystoflagellatæ.	Noctiluca.
	5. Catallacta.	12. Catallacta.	Mesosphæra.
		13. Holotricha.	Paramæcium.
	6. Ciliata.	14. Heterotricha.	Stentor.
		15. Hypotricha.	Euplotes.
		16. Peritricha.	Vorticella.
		17. Monacinetæ.	Podophyra.
		18. Synacinetæ.	Dendrosoma.
		19. Monocystida.	Monocystis.
		20. Polycystida.	Didymophyes.
	7. Acinetæ.	21. Gymnolobosa.	Amœba.
		22. Thecolobosa.	Arcella.
		23. Physaræ.	Æthallium.
	8. Gregarinæ.	24. Stemonitæ.	Stemonitis.
		25. Trichiæ.	Trichia.
26. Lycogalæ.		Lycogala.	
27. Monostegia.		Gromia.	
9. Lobosa.	28. Polysægia.	Miliola.	
	29. Monothalamia.	Lagea.	
	30. Polythalamia.	Polystomella.	
IV. Rhizopoda.	11. Thalamophora.	31. Aphrothoraca.	Actinophrys.
		32. Chelarthoraca.	Acanthocystis.
		33. Desmothoraca.	Hedriocystis.
	12. Heliozoa.	34. Coloïdæ.	Thalassicolla.
		35. Sphæroidæ.	Héliomma.
		36. Discoidæ.	Euchitona.
		37. Cyrtoidæ.	Lithocampe.
	13. Radiolaria.	38. Cricoidæ.	Petalospyris.
		39. Solenariæ.	Aulosphæra.
		40. Acanthariæ.	Acanthometra.

curieux « organismes sans organes » (fig. 8). A tous les degrés de leur développement, ils sont uniquement constitués par un simple grumeau de protoplasme, de sarcode ou de plasson. Le noyau, si constant dans les véritables cellules, fait ici complètement défaut.

Par l'homogénéité absolue de leur substance albuminoïde, par leur manque complet de parties différenciées, les monères se rapprochent plus des inorganismes que des organismes et forment évidemment la transition entre le monde organique et le monde inorganique, ce qui est conforme à l'hypothèse de la génération spontanée. Dans ma *Monographie des monères* (13), j'ai explici-

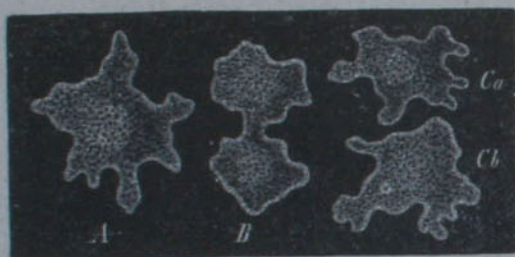


Fig. 8. — Reproduction par segmentation d'un organisme élémentaire, d'une monère d'eau douce. — A. Une monère entière (PROTAMÆBA PRIMITIVA). — B. La même monère divisée en deux moitiés par un sillon médian. — C. Les deux moitiés se sont séparées et constituent maintenant des individus indépendants.

tement décrit les formes et les phénomènes vitaux des monères; j'en ai aussi donné les figures; enfin, dans ma huitième leçon, j'ai brièvement passé en revue les points principaux de leur histoire. C'est donc simplement à titre d'exemple que je produis ici le dessin de la protamibe d'eau douce (fig. 8). On trouvera aussi dans l'appendice l'histoire de la *protomiza aurantiaca*, que j'ai observée aux Canaries, sur l'île Lanzerote. J'ajoute encore ici le dessin de l'une des formes de Bathybius, cette monère si remarquable, découverte par Huxley. Elle a l'aspect d'un grumeau réticulé de protoplasma, de mucus, et se trouve dans la mer, à de grandes profondeurs (fig. 9).

La deuxième classe de notre règne des protistes sera celle des amiboïdes (*Lobosa*), particulièrement intéressante par la simplicité de leur structure. Nous y rangeons les amibes nues et les arcellides munies d'une membrane enveloppante (*Thecolobosa*). Les

amibes ordinaires sont le type de la cellule amorphe, mais déjà nucléée. Les vraies plantes et les vrais animaux proviennent également de cellules nues et nucléées, tout à fait analogues aux amibes. Les cellules de reproduction de beaucoup d'algues (les spores et les œufs) séjournent un temps plus ou moins long dans l'eau sous forme de cellules nues, pourvues d'un noyau, et ne sauraient se distinguer de nombre d'œufs nus de beaucoup d'animaux (par exemple, des éponges, des méduses, et des siphonophores). (Voir dans la XVII^e leçon l'œuf nu du *Fucus vesiculosus*.)



Fig. 9. — *Bathybius Hæckelii*, ou organisme protoplasmique vivant dans la mer, à de grandes profondeurs. La figure représente, à un fort grossissement, simplement le réseau protoplasmique nu sans les discolithes et les cyatholithes trouvées dans d'autres monères et qui en sont vraisemblablement des produits d'excrétion.

En réalité, cette simple cellule nue, qu'elle soit animale ou végétale, ne diffère pas essentiellement d'une véritable amibe. En effet, cette dernière est tout simplement un globule nu de substance cellulaire ou plasma, contenant un noyau. La contractilité du plasma, qui se manifeste chez l'amibe par l'allongement et la contraction alternatives des appendices, est une propriété générale du plasma organique et appartient aussi bien aux plastides animaux qu'aux plastides végétaux. Qu'une amibe cesse de se mouvoir, de changer incessamment de forme, alors elle prend la forme globulaire et se sécrète une membrane enveloppante. Il est alors impossible de la distinguer soit d'un œuf animal, soit

d'une simple cellule végétale (fig. 10 A). On trouve fréquemment, soit dans l'eau douce, soit dans la mer, soit même rampant à la surface de la terre, des cellules à noyau, comme celle qui est représentée (fig. 10 B); elles changent incessamment de forme, émettent et rétractent ensuite des appendices digités; c'est pourquoi on les a nommées amibes. Elles se nourrissent, comme le font les protamibes dont nous avons déjà parlé. Parfois on peut observer directement leur reproduction par simple division (fig. 10 C D), procédé que je vous ai décrit dans une leçon précédente. On a pu récemment constater que beaucoup de ces amibes amorphes sont ou des formes larvées d'autres protistes, surtout des mycomy-



Fig. 10. — Reproduction par segmentation d'un organisme monocellulaire, d'un AMEBA SPHEROCOCCUS, amibe d'eau douce, sans vésicule contractile, très fortement grossie. — A. AMEBA enkystée, simple cellule sphérique consistant en un masse protoplasmique (c) contenant un noyau (b) et un nucléole (a), le tout renfermé dans une membrane enveloppante. — B. AMEBA qui a déchiré et quitté le kyste, la membrane cellulaire. — C. La même AMEBA, commençant à se diviser son noyau s'est partagé en deux, et, entre ces deux noyaux, la substance s'est divisée aussi en deux parties par un sillon. — D. La division est complète : la substance cellulaire elle-même s'est séparée en deux moitiés (Da et Db).

cètes, ou des cellules détachées d'animaux et de végétaux inférieurs. Les globules blancs du sang des animaux et de celui de l'homme, par exemple, ne sauraient se distinguer des amibes. Les corpuscules solides peuvent aussi pénétrer la substance de leur corps, comme je m'en suis assuré (1839) à l'aide de poudres colorées très ténues (*Morph. gén.*, I, 277). D'autres amibes semblent être de « bonnes espèces », des espèces indépendantes; car on les voit se reproduire, sans varier, à travers une série de générations. Outre les amibes proprement dites ou amibes nues (*Gymnamoebæ*), on trouve très souvent, surtout dans les eaux douces, des amibes à carapace (*Thecotobosa*), dont le corps plasmatique est partiellement revêtu d'une coquille plus ou moins dure (*Arcella*) ou même d'une capsule formée de particules dures, adhérentes entre elles (*Diffugia*). Ces enveloppes revêtent des

formes variées et élégantes, mais leur contenu vivant est toujours une simple cellule, se comportant comme une amibe nue.

Après les monères, les amibes nues sont les plus importants de tous les organismes pour la biologie tout entière et spécialement pour la généalogie générale. Il est évident, en effet, que les amibes naissent originairement des monères simples (*Prolambeba*) et que le premier acte important de différenciation s'accomplissant au sein de leur substance albuminoïde, homogène, est la séparation d'un noyau. C'est là un grand progrès : le passage d'une simple masse protoplasmique sans noyau, d'une cytoïde, à une vraie cellule à noyau (*fig. 8 A* et *fig. 10 B*). En sécrétant de bonne heure une membrane enveloppante, dure, certaines de ces cellules devinrent les premières cellules végétales; d'autres restèrent nues et ont pu être la matrice des premières cellules animales. C'est la présence ou l'absence de membrane, dure, enveloppante, qui constitue la différence la plus importante, entre les cellules végétales et les cellules animales; mais néanmoins, cette différence n'est nullement radicale. En s'enfermant de bonne heure dans une carapace de cellulose, dure, épaisse et résistante, comme le font les amibes au repos, les cellules végétales sont mieux abritées contre les influences du monde extérieur que les cellules animales, molles, le plus souvent nues ou revêtues seulement d'une membrane mince et souple. Les premières ne peuvent donc pas aussi bien que les autres s'associer, pour constituer des éléments plus relevés, composant des tissus complexes, par exemple, des fibres nerveuses, des fibres musculaires. On voit aussi s'accuser de bonne heure, chez les organismes unicellulaires les plus rudimentaires, une différence capitale entre les animaux et les plantes. Cette différence tient à la manière de s'alimenter. Comme les amibes nues (*fig. 10 B*), les globules blancs du sang, les unicellulaires animales, qui sont aussi des cellules nues, peuvent laisser pénétrer des corpuscules dans leur substance. Il en est tout autrement des plantes unicellulaires les plus rudimentaires, qui, enclousées dans leur membrane capsulaire, ne peuvent plus absorber par diffusion qu'une nourriture liquide.

C'est ainsi que se nourrissent les curieuses grégarines (*Gregarinx*). Ce sont des protistes assez volumineux, unicellulaires et vivant en parasites dans l'intestin, dans le tube digestif de beaucoup d'animaux. Les grégarines se meuvent à la manière des

vers, parmi lesquels on a eu le tort de les placer d'abord. Les grégarines se distinguent des amibes par l'absence de pseudopodites et la présence d'une épaisse membrane tégumentaire sans structure. On les peut considérer comme des amibes, qui, s'étant accoutumées à une vie parasitaire, se sont, par une sorte d'exsudation, revêtues d'une membrane. Tantôt les grégarines restent à l'état de cellules isolées, tantôt elles s'unissent en files de deux ou trois cellules. Pour se reproduire, les grégarines se



Fig. 11. — Un flagellaire (EUGLENA STRIATA), fortement grossi. En haut de la figure, on voit représenté le flagellum vibratile; au centre est figuré le noyau cellulaire arrondi et son nucléole.

contractent en boule, leur noyau se différencie du protoplasma, qui se segmente en un grand nombre de petits globules. Ceux-ci se revêtent d'une enveloppe fusiforme et deviennent ce que l'on a appelé des psorospermies (ou des pseudo-navicelles). Plus tard, une petite monère sort de la membrane enveloppante; un noyau se différencie dans cette monère, qui devient une amibe. Enfin, en se développant et se revêtant d'une membrane, cette monère passe à l'état de grégarine.

Les flagellaires constituent la quatrième classe du règne des protistes (fig. 11). Comme les lobosés, ils sont intéressants surtout par l'ambiguïté de leur nature; cette ambiguïté est telle qu'ils ont été considérés par nombre de zoologistes comme des animaux unicellulaires, par nombre de botanistes, comme des plantes unicellulaires. En réalité, ils se rapprochent des

deux règnes par nombre de traits. Il est des flagellaires que l'on ne saurait distinguer des formes larvées, mobiles, par lesquelles débudent certaines vraies plantes, par exemple, des spores vibratiles de beaucoup d'algues, d'autres se rattachent visiblement aux animaux. En fait, ce sont des protistes neutres, et c'est aux infusoires ciliés (*Ciliata*) qu'ils tiennent de plus près (fig. 11). Les flagellaires sont des cellules simples, vivant soit isolément, soit en colonies, dans l'eau douce ou salée. Ils ont pour caractéristique un ou plusieurs appendices flagelliformes, qui leur servent à se mouvoir rapidement dans l'eau.

Les euglènes rouges ou vertes, qui, parfois au printemps, appa-

raissent en énorme quantité et colorent la surface de nos étangs sont des flagellaires. La classe se divise en quatre ordres. Le premier ordre est représenté par les flagellaires nus (*Nudiflagellata* auxquels appartiennent les éuglènes (*fig. 11*); ils sont constitués par des cellules nues, qui, chez les thécoflagellaires (*Thecoflagellata*), se revêtent d'une enveloppe. Les flagellaires ciliés (*Cilioflagellata*) sont munis d'appendices ciliés spéciaux. Mais ce sont les cystoflagellaires (*Cystoflagellata*) qui sont les plus grands et les plus remarquables exemplaires de ce type. Ils brillent dans l'obscurité et souvent illuminent la surface de la mer sur

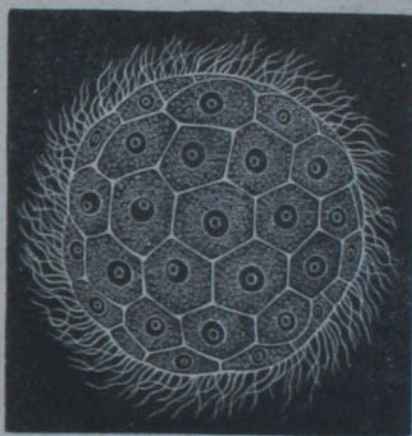


Fig. 12. — Sphérulé ciliifère de Norvège (*MAGOSPHERA PLANULA*), tournoyant dans l'eau à l'aide des cils qui tapissent sa surface. Elle est vue d'en haut.

une étendue de plusieurs milles. Un de ces noctiluques (*Leptodiscus medusoides*) rappelle, par la forme et les mouvements, une véritable méduse; ce n'est pourtant qu'une simple cellule ombelliforme.

En septembre 1869, sur les côtes de Norvège, j'ai découvert un nouveau type très curieux de protiste, et j'en ai donné une description détaillée dans mes études biologiques (15) (page 137, pl. V). A l'île de Eis-Oe, près de Bergen, je trouvai, nageant à la surface de la mer, des petites sphères très élégantes (*fig. 12*) composées de 30 à 40 cellules piriformes et ciliées, se réunissant toutes en étoiles, par leur extrémité amincie, au centre de la sphère. Au bout d'un certain temps, la masse se désagrège; les

cellules vaguent isolément dans l'eau, à la manière de certains infusoires ciliés (fig. 12). Ces cellules coulent ensuite au fond, rétractent leurs cils, et peu à peu prennent la forme d'une amibe rampante (voir fig. 10 B). Les cellules amibiformes se revêtent ensuite d'une membrane : puis, par une scission répétée, elles se divisent en un grand nombre de cellules, tout à fait comme l'ovule se segmente (fig. 6). Ces cellules se hérissent de cils vibratiles, brisent l'enveloppe capsulaire et voguent de nouveau sous forme de sphérules ciliées (fig. 12). Évidemment on ne saurait ranger dans aucune des autres classes de protistes ces singuliers organismes, qui sont tantôt des amibes simples, tantôt des cellules ciliées isolées, tantôt des sphères ciliées et multicellulaires : ce sont autant de représentants d'un nouveau groupe spécial. Comme ils sont intermédiaires à plusieurs protistes et les relient les uns aux autres, on peut les appeler *intermédiaires* ou *catallactes*.

Les classes de protistes, dont nous nous sommes occupés jusqu'ici spécialement, les lobosés et les flagellaires, ont été souvent rangées dans cette grande catégorie d'organismes inférieurs que l'on a appelés infusoires (*Infusoria*). On confondait ainsi des protistes très dissemblables avec de véritables végétaux et animaux, par exemple, les rotifères. Aujourd'hui encore, on considère souvent comme infusoires au sens strict du mot ceux des protistes que nous avons appelés ciliaires (*Ciliata*). Ces petits êtres, si intéressants et aux formes si variées, nous montrent jusqu'où peut parvenir une cellule simple, tendant à se perfectionner. En effet, en dépit de la vivacité et de la spontanéité de leurs mouvements, de leur délicate sensibilité, qui les ont fait considérer jadis comme des organismes supérieurs, les ciliaires ne sont que de simples cellules. La surface de ces cellules, de forme très diverse, est garnie de cils, servant à la motilité, à la sensibilité, à la préhension des aliments. La cellule renferme un seul noyau. Elle se reproduit par division, gemmation ou sporogonie. Dans aucun autre groupe de protistes la vie physique des cellules isolées ne se manifeste avec autant de netteté ; aussi ces ciliaires sont particulièrement intéressants pour la doctrine monistique de l'âme des cellules (50).

D'ordinaire on regarde comme très voisins des ciliaires et comme constituant une classe spéciale d'infusoires dans la taxonomie de protistes, les acinètes (*Acinetæ*). Loin de ressembler

aux agiles ciliaires, les acinètes, qui sont aussi de simples cellules, flottent habituellement immobiles; par leurs suçoirs tubulaires, rigides et filiformes, ils absorbent d'autres infusoires. Comme les ciliaires, les acinètes se multiplient aussi tantôt par division, tantôt par gemmation, ou production de spores mobiles.

Les classes des protistes, dont nous venons de parler, les acinètes et les ciliaires, les flagellaires et les catallactes, les grégaires et les lobosés sont habituellement considérés comme des protozoaires; au contraire, le grand groupe suivant, celui des



Fig. 13. — *Labyrinthula macrocystis* (fortement grossie); elle possède à la partie inférieure un groupe de cellules amoncelées, dont une s'est séparée à gauche; en haut deux cellules isolées tournoyant dans leur réseau.

bacillaires, est d'ordinaire rangé parmi les zoophytes. Il prendrait donc place à côté de la grande classe des diatomées et du petit groupe des labyrinthulées. Ces bacillaires sont, en effet, des organismes unicellulaires sans appendices externes; leur mode de reproduction est inconnu. Les diatomées aux formes si élégantes, si infiniment variées, peuplent en masses énormes la mer et les eaux douces. Les diatomées sont, pour la plupart, de petites cellules microscopiques (fig. 13), tantôt isolées, tantôt agglomérées en grandes quantités; parfois elles sont fixées, parfois elles glissent d'une manière toute particulière; d'autres fois, elles nagent ou tournoient. Leur molle substance, colorée en un jaune brun

caractéristique est toujours logée dans une enveloppe siliceuse qui revêt les formes les plus élégantes et les plus variées. Cette carapace se compose de deux moitiés, lâchement unies et disposées comme une boîte et son couvercle. Par une ou deux fentes intermédiaires, la molle substance incluse communique avec l'extérieur. Ces carapaces siliceuses, agglomérées, constituent certaines roches, par exemple la pierre à polir de Bilin, la farine fossile de Suède.

Les labyrinthulées, très analogues aux diatomées, ont été découverts, en 1867, par Cienkowski sur



Fig. 14. — *Navicula hippocampus* (fortement grossie). Au centre de la cellule siliceuse, on voit le noyau (NUCLEUS), avec son nucléole (NUCLEOLUS).

des pilotis plongés dans la mer; ils ne sont pas moins étranges que les précédents (fig. 14). Ce sont des cellules fusiformes, le plus souvent de couleur jaune d'œuf, qui tantôt sont amoncelées, en petits tas épais, tantôt se meuvent circulairement d'une façon toute particulière. Puis elles forment ensuite, sans qu'on sache encore comment, une sorte de réseau entortillé; c'est dans le tissu même des mailles résistantes de ce réseau qu'elles glissent en pivotant (fig. 13). D'après la forme, on pourrait regarder les cellules des labyrinthulées comme des plantes très rudimentaires; d'après leurs mouvements, ce seraient des animaux très simples. En réalité, ce ne sont ni des plantes ni des animaux.

La dixième classe des protistes est formée par les champignons muqueux ou *mycomycètes*. On les considérait généralement comme des plantes, de vrais champignons, quand, il y a une douzaine d'années, le botaniste de Bary démontra, en décrivant leur ontogénie, qu'ils différaient absolument des champignons et devaient plutôt être considérés comme des animaux inférieurs. Quand leur appareil reproducteur est à maturité, c'est une vésicule sphérique de plusieurs pouces de diamètre remplie de spores pulvérulentes et de flocons mous (fig. 15). C'est l'analogue des champignons connus sous le nom de *gastromycètes*. Mais leurs germes, leurs spores, n'ont pas l'aspect caractéristique des cellules filiformes ou *hyphes* des véritables champi-

gnons; ce sont des cellules nues, qui d'abord nagent en tournoyant et ressemblent à des flagellaires (fig. 11). Plus tard, ces spores rampent comme des espèces d'amibes (fig. 10 B), et enfin, se réunissant entre elles, forment de gros corps muqueux ou « plasmodies ». Ces plasmodies sont de grands réseaux protoplasmiques, d'une forme irrégulière et se modifiant incessamment et lentement. De ces plasmodies naît ensuite directement l'appareil reproducteur sacciforme. Vous connaissez probablement tous une de ces plasmodies, l'*OETHALIUM SEPTICUM*; c'est « la fleur du tan ». On la voit, l'été, sous forme de masses muqueuses, d'un beau jaune, d'une consistance d'onguent, dessinant des réseaux, larges souvent de plusieurs pieds, sur les montceaux et « les plates-bandes de tan » des corroyeurs. Les formes jeunes, muqueuses et mobiles de ces mycomycètes, que l'on rencontre le plus souvent dans les bois humides, sur les matières végétales en putréfaction, sur les écorces d'arbres, etc., étaient à tort ou à raison regardés par les zoologistes comme des animaux, tandis que les appareils reproducteurs mûrs, immobiles, sacciformes étaient des plantes aux yeux des botanistes.



Fig. 15. — Appareil reproducteur (sporangie, plein de spores) d'un mycomycète (*PHYRSARUM ALBIPES*), faiblement grossi.

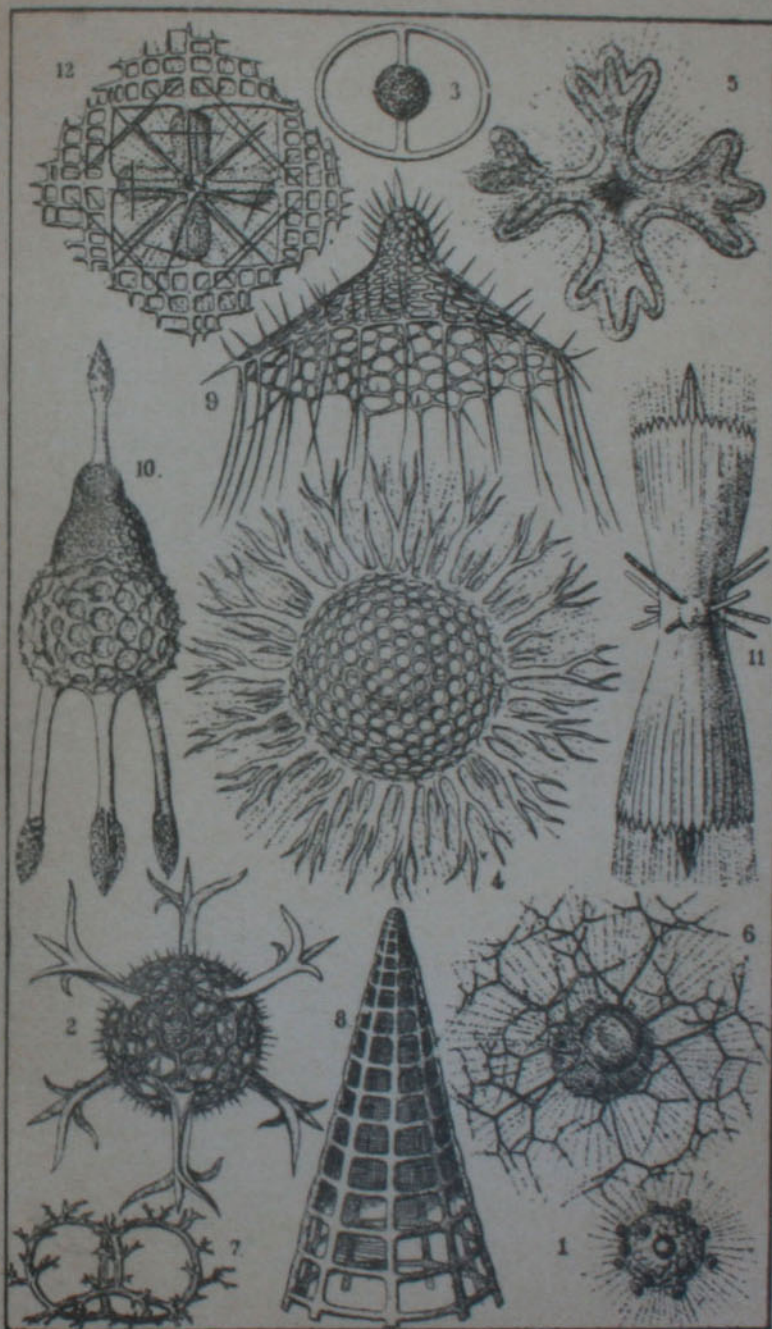
Les réseaux rampants des plasmodies ont la plus grande analogie avec les irréguliers réseaux protoplasmiques des *Rhizopodes* (*Rhizopoda*). Souvent on les range dans ce grand groupe des protistes, auquel bien des naturalistes veulent aussi rattacher les lobosés. Dès l'âge le plus reculé de l'histoire organique terrestre, ces singuliers organismes peuplent la mer; tantôt ils rampent au fond de l'eau, tantôt ils nagent à la surface; la variété de leurs formes est extraordinaire. Très peu d'espèces vivent dans l'eau douce (par exemple *Gromia*, *Actinophrys*, *Actinosphaerium*). La plupart ont des carapaces très élégantes de chaux ou de silice, qui se conservent parfaitement à l'état fossile. Souvent ces fossiles sont amoncelés à telle abondance qu'ils forment de vraies montagnes, quoique, pris à part, chacun d'eux soit à peine visible ou même invisible à l'œil nu. Très peu d'entre eux atteignent un volume notable, pou-

vant varier de quelques lignes à deux pouces. La surface de leur corps muqueux est hérissé de milliers de fils muqueux extrêmement fins; ce sont des espèces de pieds apparents ou pseudopodies, qui se ramifient comme des racines, s'unissent en réseaux et changent perpétuellement de forme, comme les pieds muqueux plus simples des amiboïdes ou protoplastes. De là provient le nom donné à la classe tout entière. Ces pseudopodies protéiformes servent également à la locomotion et à la préhension des aliments.

La classe des rhizopodes (moins les mycomycètes et les lobosés) se divise en trois groupes: les thalamophores, les héliozoaires et les radiolaires. Les thalamophores forment le premier et le plus inférieur de ces trois groupes (*Thalamophora*). Le corps entier des acyttaires est constitué par une matière muqueuse, homogène, par du protoplasme non différencié en cellules. Mais, malgré cette organisation si primitive, les acyttaires sécrètent pourtant une carapace calcaire qui revêt les formes les plus élégantes et les plus variées. Chez les acyttaires les plus simples et les plus anciens, cette carapace n'a qu'une seule cavité campaniforme, tubiforme, spiraliforme, de l'ouverture de laquelle sort un faisceau de filaments muqueux. Ce sont les *monothalamies* (*Monothalamia*). Au contraire, les *polythalamies* (*Polythalamia*), qui représentent la majeure partie des thalamophores, ont une habitation divisée très ingénieusement en beaucoup de chambres. Tantôt ces compartiments sont situés les uns derrière les autres en série linéaire, tantôt ils sont disposés en cercles concentriques autour d'un point ou en spirales annelées; souvent ils sont distribués en étages superposés, comme les loges d'un vaste amphithéâtre. Cette dernière conformation est celle des Nummulites, dont les coquilles, de la grandeur d'une lentille, sont amoncelées par milliards sur les côtes de la Méditerranée, où elles forment des montagnes entières. Les pierres qui ont servi à construire les pyramides d'Égypte sont constituées par l'agglomération de ces coquilles calcaires. Le plus souvent les compartiments de ces carapaces sont disposés en spirales. Ces loges communiquent entre elles par une galerie et des portes, comme les chambres d'un grand palais, et ordinairement elles s'ouvrent à l'extérieur par de nombreuses petites fenêtres. Par ces orifices, l'organisme muqueux qui habitait ce logis faisait saillir ces pseudopodies protéiformes. Pourtant, malgré la struc-

RADIOLAIRES DU FOND DE LA MER. PL. XVI.

D'après l'expédition du *Challenger*.



ture extraordinairement compliquée et élégante de ces labyrinthes calcaires, malgré l'infinie diversité dans la disposition et l'ornementation de ces nombreuses loges, malgré la régularité et l'élégance de leur exécution, tout ce palais si ingénieusement construit est un produit de sécrétion d'une masse muqueuse parfaitement amorphe et homogène! Vraiment, quand même toute la nouvelle anatomie histologique des animaux et des végétaux ne témoignerait pas en faveur de notre théorie des plastides, quand même tous les résultats généraux de cette science n'affirmeraient pas d'un commun accord, que tout le merveilleux des phénomènes et des formes de la vie peut se ramener à l'activité propre des substances albuminoïdes amorphes du protoplasma, les polythalamies suffiraient, seules, à faire triompher notre théorie. En effet, un coup d'œil suffit ici, le microscope aidant, pour mettre hors de doute un fait merveilleux, mais indéniable, établi pour la première fois par Dujardin et Max Schultze, savoir : que le mucus amorphe de cette véritable « matière de la vie », qu'on appelle le plasma, peut sécréter les constructions les plus élégantes, les plus régulières et les plus compliquées. C'est là une simple conséquence de l'adaptation héréditaire, et nous voyons par là comment le même mucus originaire, le même protoplasma peut engendrer dans les organismes végétaux et animaux les types cellulaires les plus divers et les plus compliqués.

Dans le deuxième groupe des rhizopodes, celui des héliozoaires, nous ne connaissons que peu d'espèces. L'une, fort petite, peuple nos eaux douces, en très grande quantité. Dès le siècle dernier, cet héliozaire avait été observé par le pasteur Eichhorn, de Dantzig, et baptisée pour cela *Actinosphaerium Eichhornii*. A l'œil nu, cet héliozaire a l'aspect d'une sphérule gélatineuse, de couleur grise et de la grosseur d'une tête d'épingle. Sous le microscope, on voit de très fins filaments muqueux rayonner par centaines et par milliers du corps plasmatique central, et l'on remarque que la substance cellulaire interne diffère de l'écorce enveloppante. Par ce caractère, le petit héliozaire, quoique sans carapace, est déjà plus parfait que les acyttaires homogènes et forme la transition entre ceux-ci et les radiolaires.

Les radiolaires constituent la troisième et dernière classe des rhizopodes. Par leurs types les plus inférieurs, ils se rattachent étroitement aux héliozoaires et aux acyttaires; mais, par leurs types les plus parfaits, ils leur sont bien supérieurs. Ils se distin-

guent des deux autres classes, en ce que leur partie centrale est constituée par un grand nombre de cellules encloses dans une membrane solide. Cette partie centrale, le plus souvent sphérique, est recouverte par une couche de plasma muqueux hérissé de filaments très fins, de pseudopodies, qui se ramifient et s'anastomisent.

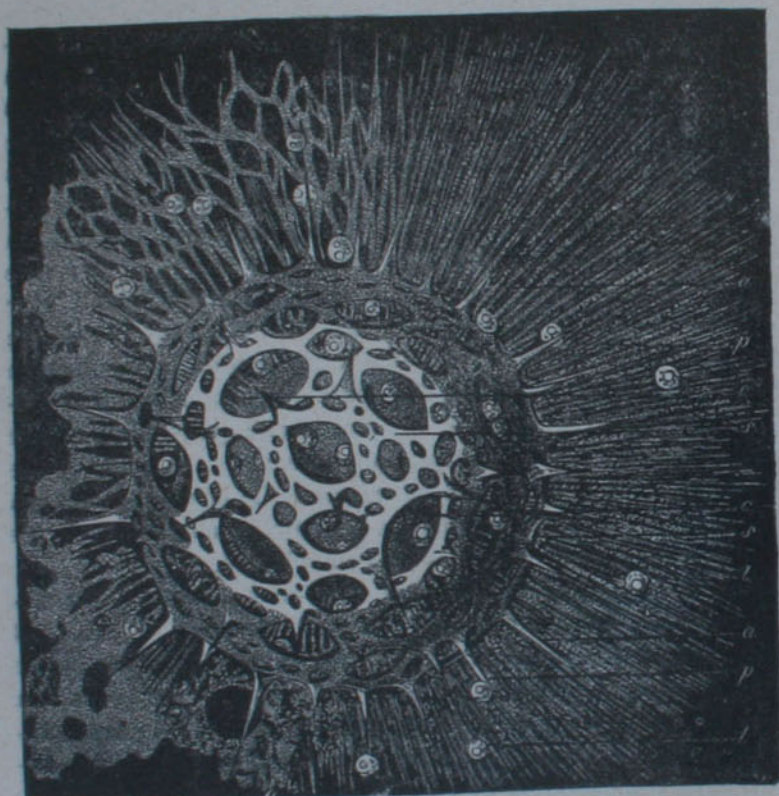


Fig. 16. — *Cyrtidosphæra echinoides*, grossi 400 fois. — c, capsule centrale sphérique. a, carapace calcaire à jour. s, aiguillons radiés de la carapace. p, pseudopodies rayonnant de l'enveloppe muqueuse, qui recouvre la capsule centrale. l, cellules sphériques jaunes, disséminées et contenant des granules amidonnés.

tomosent. Dans l'intérieur de la capsule sont disséminées de nombreuses cellules jaunes, mal connues encore et contenant des noyaux qui ont l'aspect de grains d'amidon. La plupart des radiolaires ont un squelette siliceux très compliqué, dont la forme est infiniment variée et d'une rare élégance. Tantôt ce squelette siliceux est une simple sphère à jour (fig. 16 s), tantôt il forme

tout un système de sphères emboîtées les unes dans les autres et reliées par des barres radiales. Le plus souvent la surface de la sphère est hérissée d'aiguilles élégantes, souvent ramifiées. D'autres fois, le squelette est uniquement constitué par une étoile siliceuse, alors mathématiquement et régulièrement composée de vingt aiguillons convergeant au centre où ils s'unissent. Chez d'autres radiolaires, le squelette forme de charmantes coquilles, à compartiments multiples comme chez les polythalamies. Dans nul autre groupe d'organismes, on ne rencontre dans le squelette une telle profusion de types les plus divers et une telle régularité mathématique unies à une architecture si gracieuse. J'ai reproduit la plupart des types connus dans l'atlas qui accompagne ma monographie des radiolaires (23). Je donnerai seulement ici, à titre d'exemple, le dessin de l'une des formes les plus simples, de la *Cyrtidosphæra echinoïdes* de Nice. Ici le squelette consiste simplement en une sphère à jour (*s*) supportant de courtes aiguilles radiales (*a*) et entourant lâchement la capsule centrale (*c*). Du tégument muqueux, qui recouvre cette dernière, rayonnent des pseudopodies très fines (*p*) et très nombreuses, qui se rétractent et vont alors se confondre en partie avec une masse muqueuse grumelée. Dans cette masse sont disséminées quantité de cellules jaunes (1).

Les thalamophores vivent le plus souvent au fond de la mer, rampant sur les rochers, sur les plantes marines, dans le sable et le limon, à l'aide de leurs pseudopodies; au contraire, les radiolaires flottent aussi bien à la surface de la mer que dans ses abîmes les plus profonds. Nous savons, depuis peu d'années, par les mémorables découvertes du Challenger, que, dans les plus grandes profondeurs océaniques (jusqu'à 27.000 pieds!) le limon est en grande partie formé de radiolaires. Ils peuvent se trouver en quantité énorme; mais habituellement ils sont si petits qu'ils échappent presque à l'œil nu et n'ont été bien connus que depuis une vingtaine d'années. Les radiolaires vivant en société (polycytaires) forment des grumeaux gélatineux de quelques lignes de diamètre. Au contraire, on peut à peine distinguer à l'œil nu la plupart de ceux qui vivent isolément (monocytaires); pourtant on en trouve les carapaces amoncelées en telle quantité qu'elles constituent parfois des montagnes entières. Ces carapaces fossiles forment, par exemple, les îles Nicobar, dans l'Inde, et les îles Barbares aux Antilles.

Comme la plupart d'entre vous sont vraisemblablement peu ou point familiers avec les huit classes de protistes dont j'ai parlé, j'ajouterai encore quelques remarques générales sur leur histoire naturelle. La plupart des protistes vivent dans la mer; les uns nagent à la surface de l'eau, les autres rampent au fond ou se fixent à demeure sur les roches, les coquillages, les plantes, etc. Beaucoup d'espèces de protistes vivent aussi dans l'eau douce. Sur la terre ferme, on n'en rencontre que quelques espèces (par exemple les mycomycètes, quelques lobosés). La plupart d'entre eux ne peuvent être découverts qu'avec le microscope, et pourtant on les trouve réunis par millions. Un très petit nombre atteignent un diamètre de quelques pouces. Mais ce qui leur manque en volume, ils le compensent par leur nombre prodigieux et jouent ainsi un rôle important dans l'économie de la nature. Les impérissables débris des protistes éteints, par exemple, les carapaces siliceuses des diatomées et des radiolaires, les coquilles calcaires des thalamophores, forment souvent la charpente de grandes montagnes.

Par leur physiologie, surtout en ce qui concerne la nutrition et la reproduction, les protistes inclinent tantôt vers les plantes, tantôt vers les animaux. Par la préhension des aliments, par les échanges matériels, ils se rapprochent les uns des animaux inférieurs, les autres des végétaux inférieurs. Beaucoup de protistes sont doués de la libre locomotion, qui manque à d'autres; mais ce n'est pas là un caractère distinctif; car nous connaissons des organismes incontestablement animaux, qui sont privés de la libre locomotion, et de vraies plantes qui la possèdent. Tous les protistes ont une *âme*, de même que tous les animaux et tous les végétaux. L'activité de l'âme des protistes se manifeste par leur irritabilité, c'est-à-dire par les mouvements et les autres changements qui se produisent dans leur protoplasma contractile à la suite d'irritations mécaniques, électriques, chimiques, etc. Peut-être n'y a-t-il chez les protistes ni conscience, ni facultés de la volonté et de la pensée; mais ces propriétés manquent au même degré à beaucoup d'animaux inférieurs, et, sous ce rapport, nombre d'animaux supérieurs sont au niveau des races humaines inférieures. Chez les protistes, comme chez tous les autres organismes, les activités de l'âme peuvent se ramener à des mouvements moléculaires au sein du protoplasme.

Le caractère physiologique le plus important du règne des

protistes est la reproduction exclusivement asexuée. Chez les animaux et les végétaux élevés dans la série, la génération est presque exclusivement sexuelle. Quant aux animaux et aux végétaux inférieurs, ils se reproduisent fréquemment par génération asexuée, par division, bourgeonnement, germination, etc. Mais on trouve aussi bien souvent chez eux la génération sexuelle, qui fréquemment, dans la succession des générations, alterne avec la génération asexuée (métagenèse. *Voy.* page 145). Au contraire, tous les protistes se reproduisent exclusivement par le mode asexué, et la séparation des sexes n'est pas encore apparue chez eux par différenciation. Il n'y a ni protistes mâles ni protistes femelles. Chez les flagellaires, on rencontre quelques exceptions à cette règle (chez les volvocinées, par exemple). La conjugaison ou copulation, si fréquente chez les protistes, peut cependant passer pour un commencement de génération sexuée, mais le plus souvent il n'y a point de différence appréciable entre les cellules mâles et les cellules femelles.

Par leur physiologie, les protistes sont intermédiaires aux animaux et aux végétaux, surtout à ceux d'ordre inférieur. On en peut dire autant de la composition chimique de leur corps. Le caractère chimique différentiel le plus important chez les animaux et les végétaux se manifeste surtout dans le squelette. Le squelette, c'est-à-dire la charpente solide de la plupart des plantes, est composé de cellulose non azotée, qui est un produit de sécrétion de la matière cellulaire azotée ou protoplasma. Chez la plupart des vrais animaux, au contraire, le squelette est constitué soit par des composés azotés, soit par des composés calcaires. Sous ce rapport, certains protistes se rapprochent des plantes, certains autres des animaux. Chez beaucoup d'entre eux, le squelette est principalement ou entièrement constitué par de la matière siliceuse, qui existe aussi bien chez les animaux que chez les végétaux. Mais, dans tous les cas, la matière vitale active est le protoplasma muqueux.

Quant à la conformation des protistes, son caractère saillant est le développement toujours extraordinairement inférieur de leur *individualité*. Nombre de protistes sont, leur vie durant, de simples plastides, des individus d'ordre primaire. D'autres forment, en se réunissant, des colonies de plastides. Mais même ces individus quelque peu supérieurs restent le plus souvent à un degré de développement très inférieur. Les citoyens de ces com-

munautés de plastides se ressemblent toujours beaucoup; il n'y a jamais chez eux qu'une très faible division du travail; par conséquent leur organisme social est aussi incapable que celui des sauvages de la Nouvelle-Hollande de s'acquitter de fonctions élevées. D'ailleurs l'union des plastides est ordinairement très lâche et chacune d'elles conserve toujours dans une large mesure son indépendance personnelle. Jamais de vrai tissu (nerfs, muscles, tissu cellulaire) chez les protistes. Jamais rien d'analogue aux feuillettes germinatifs des embryons de tous les vrais animaux. Pas davantage de thallus pluricellulaire comme chez les véritables plantes. La plupart des protistes sont, pendant toute leur vie, des organismes unicellulaires.

Un deuxième caractère morphologique, qui s'ajoute au faible degré d'individualité des protistes pour les caractériser, est l'imperfection de leur type stéréométrique. Comme je l'ai montré dans ma théorie des formes fondamentales (*Morph. gén.*, IV^e livre), il est possible de retrouver chez tous les organismes une forme géométrique déterminée, soit dans la forme générale du corps, soit dans celle de chaque partie. Cette forme idéale dépend du nombre, de la situation, de la connexion et de la différenciation des parties; la forme organique réelle s'en rapproche comme la forme imparfaite d'un cristal se rapproche de son type géométrique, idéal. Dans la plupart des corps et des parties du corps des animaux et des végétaux, cette forme fondamentale est une pyramide, et, quand les formes sont « régulièrement rayonnées », la forme typique est une pyramide régulière; quand les corps sont très différenciés, « bilatéralement symétriques », on a alors une pyramide irrégulière, (Consulter les tableaux, p. 556-558, premier volume de la *Morph. gén.*) Chez les protistes, cette forme pyramidale, qui domine dans les règnes animal et végétal, est rare, et, à sa place, on a, soit une forme typique complètement irrégulière (amorphe) ou une forme simple et régulièrement géométrique; très fréquemment la sphère, le cylindre, l'ellipsoïde, le double cône, le cône, le polyèdre régulier (tétraèdre, hexaèdre, octaèdre, dodécaèdre, icosaèdre, etc.). Toutes ces formes fondamentales inférieures du système promorphologique dominent chez les protistes. Pourtant on rencontre aussi chez beaucoup de protistes les formes fondamentales très régulières et libérales, qui prédominent dans le règne végétal et animal. Sous ce rapport encore, les protistes les plus voisins incli-

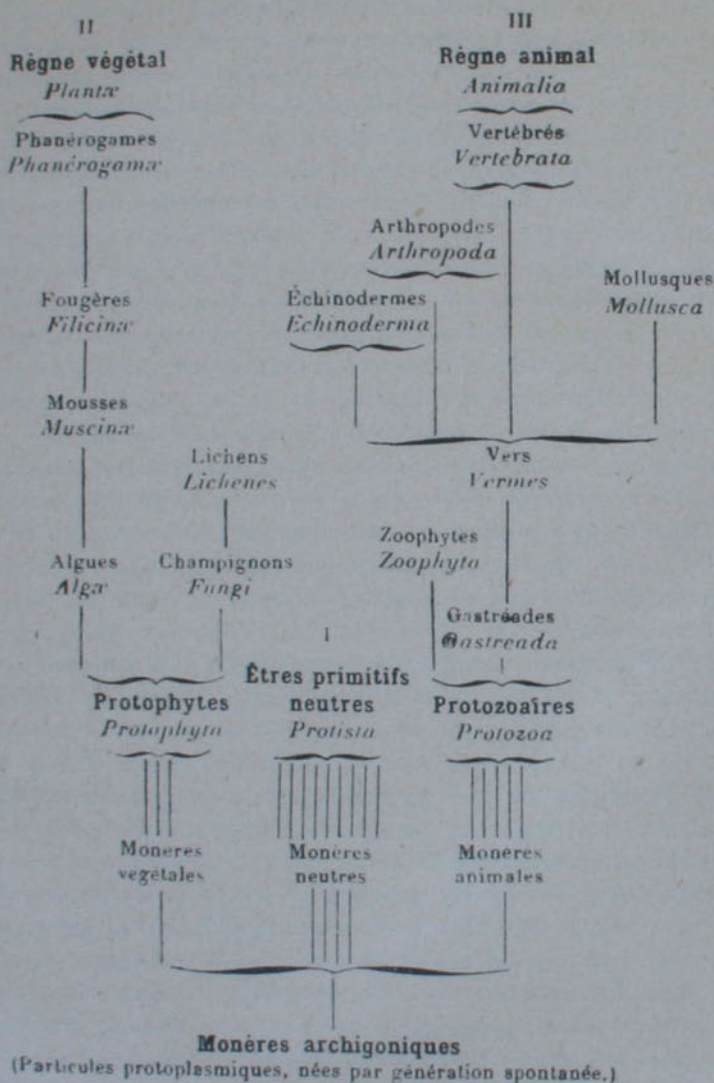
nent souvent, les uns (par exemple, les acyttaires) vers les animaux, les autres (par exemple, les radiolaires) vers les plantes.

En ce qui a trait à l'évolution paléontologique du règne des protistes, on peut faire les hypothèses généraliques les plus diverses et les plus douteuses. Peut-être leurs classes sont-elles des tribus isolées, des phyles, qui se sont développés indépendamment les uns des autres et aussi des deux règnes organiques. Quand même on admettrait l'hypothèse monophylétique de la descendance, quand même on considérerait tous les organismes, sans exception, vivants ou éteints, comme la postérité commune d'un seul type de monère, même alors, la connexion des protistes neutres, d'une part, avec la souche végétale, d'autre part, avec la souche animale, serait très lâche. Plus loin (voir le tableau suivant) nous considérerons les protistes comme des rejetons inférieurs, se détachant immédiatement de cet arbre généalogique bifurqué, ou peut-être comme des rameaux placés très bas et se détachant d'une souche commune à tous les protistes. De cette souche partent les deux branches touffues et divergentes qui représentent les règnes animal et végétal; quant aux classes de protistes considérées isolément, elles peuvent à leur base s'unir étroitement ou former seulement une touffe lâche, et dans ce cas elles n'auraient pas de rapports avec les grands rameaux organiques divergents du règne animal, d'un côté, du règne végétal, de l'autre.

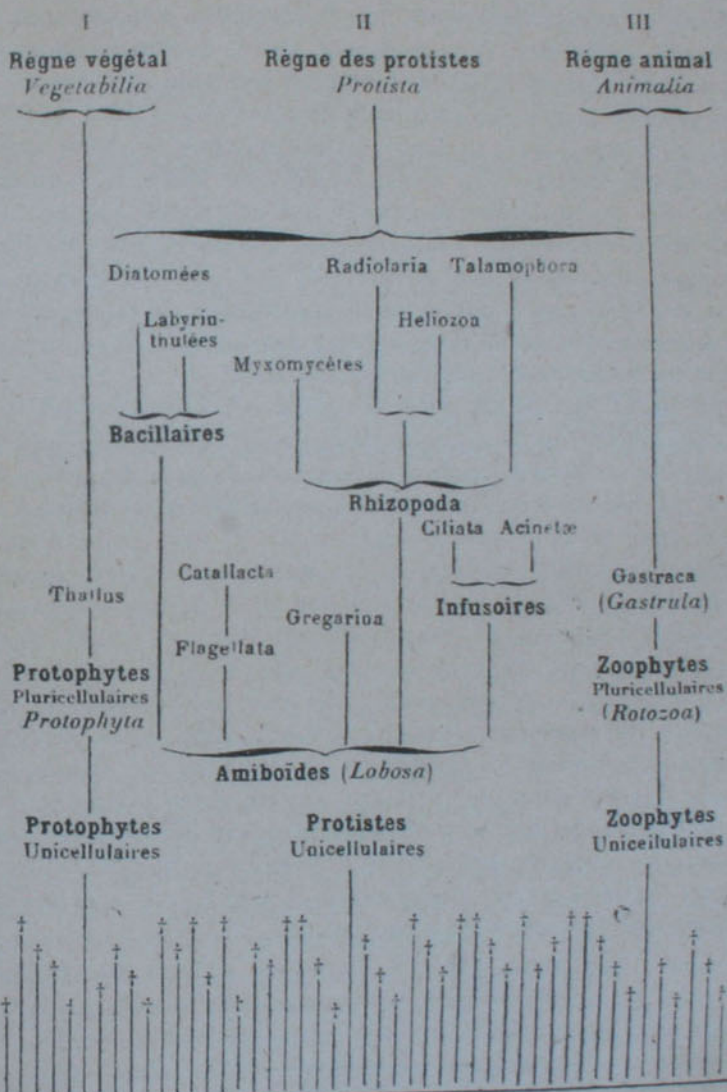
Si, au contraire, on préfère la théorie de la descendance polyphylétique, alors il faut se figurer un nombre plus ou moins grand de souches organiques ou phyles, qui, tous, ont jailli côte à côte et isolément du sol commun de la génération spontanée. Des monères nombreuses et dissemblables, nées spontanément, se distinguaient seulement par de petites, d'imperceptibles différences dans leur composition chimique et par suite dans leur développement virtuel. Deux petits groupes de monères donnèrent naissance au règne végétal et au règne animal. Mais, entre ces deux groupes, se sont développées un grand nombre de pousses indépendantes, qui n'ont pu franchir les degrés inférieurs d'organisation et ne sont devenues ni de vrais animaux ni de vraies plantes.

Aujourd'hui, dans l'état actuel de nos connaissances phylogénétiques, il est impossible d'opter en connaissance de cause, soit pour l'hypothèse monophylétique, soit pour l'hypothèse polygénétique. Il est difficile de distinguer les divers groupes de protistes

ARBRE GÉNÉALOGIQUE MONOPHYLÉTIQUE
DES ÊTRES ORGANISÉS.



ARBRE GÉNÉALOGIQUE POLYPHYLETIQUE
DES ÊTRES ORGANISÉS.



N. B. — Les lignes surmontées d'une croix représentent les souches des protistes éteints, qui provenaient d'actes réitérés de génération spontanée.

des types les plus infimes du règne végétal et du règne animal; il y a entre tous ces êtres une connexion si étroite, leurs caractères distinctifs sont si intimement mêlés, qu'actuellement toute division systématique, toute classification des groupes sont forcément artificielles. Par conséquent, l'essai de classification, que nous avons présenté ici, est tout à fait provisoire. Pourtant, plus on pénètre profondément dans le domaine obscur de la généalogie organique, plus il devient vraisemblable que le règne végétal et le règne animal ont eu chacun une origine isolée, mais qu'entre ces deux grands arbres organisés il s'est produit, par des actes réitérés de génération spontanée, un certain nombre de petits groupes organiques indépendants. Ce sont ces derniers groupes, qui méritent réellement le nom de protistes, à cause de leur caractère neutre, indifférent, de l'état de confusion où se trouvent chez eux les propriétés animales et végétales.

En admettant même que les règnes organiques soient issus chacun d'une souche première distincte, rien n'empêche de placer entre eux un certain nombre de groupes de protistes, dont chacun est isolément provenu d'un type particulier de monère. On peut, pour se faire une idée bien nette de cette disposition, se figurer le monde organique comme une immense prairie presque desséchée. Sur cette prairie s'élèvent deux grands arbres très branchus, très ramifiés. Ces arbres sont aussi en grande partie frappés de mort; ils peuvent représenter le règne animal et le règne végétal; leurs rameaux frais et verdoyants seront les animaux et les végétaux actuels; les branches flétries, au feuillage desséché, figureront les animaux et les végétaux des groupes disparus. L'aride gazon de la prairie correspondra aux groupes de protistes éteints, qui sont vraisemblablement encore fort nombreux; les quelques brins d'herbe encore verts seront les phyles encore vivants du règne des protistes. Quant au sol de la prairie, duquel tout est sorti, c'est le protoplasma.

DIX-SEPTIÈME LEÇON

Arbre généalogique et histoire du règne végétal.

Classification naturelle du règne végétal. — Division du règne végétal en six embranchements et dix-huit classes. — Sous-règne des cryptogames. — Grand groupe des thallophytes. — Fucus ou algues (algues primordiales, algues vertes, algues brunes, algues rouges). — Plantes filiformes ou inophytes (lichens et champignons). — Grand groupe des prothallophytes. — Mousses (mousses hépatiques, mousses foliacées). — Fougères ou filicinées (fougères foliacées, calamites, fougères aquatiques, fougères squameuses). — Sous-règne des phanérogames. — Gymnospermes. — Fougères palmiformes (Cycadées). — Conifères. — Angiospermes. — Monocotylédonées. — Dicotylédonées. — Apétales. — Diapétales. — Gamopétales.

Messieurs, on ne saurait tenter de retracer la généalogie d'un groupe petit ou grand d'organismes consanguins sans chercher out d'abord un point d'appui dans la « classification naturelle » de ce groupe. En effet, bien que la classification des animaux, des protistes et des plantes n'ait jamais été établie d'une manière définitive, et qu'on n'ait jamais pu y chercher qu'une notion plus ou moins approximative de la vraie consanguinité, elle n'en a pas moins le précieux mérite de nous représenter un arbre généalogique hypothétique. Sans doute, par l'expression « classification naturelle », la plupart des zoologistes, des botanistes, des savants, qui étudient les protistes, veulent seulement exprimer en style lapidaire les idées subjectives que chacun d'eux se fait de la parenté morphologique objective des organismes. Mais, comme vous l'avez vu, cette parenté des formes est simplement la suite nécessaire d'une consanguinité réelle. Par conséquent, tout morphologiste, qui travaille au progrès de la classification naturelle travaille aussi, volontairement ou non, à l'établissement de notre arbre généalogique. La classification naturelle méritera d'autant plus son nom, qu'elle s'appuiera plus fermement sur les résultats concordants de l'anatomie comparée, de l'ontogénie et de la

paléontologie. Reposant sur cette triple base, nous pourrions la considérer sûrement comme l'expression approximative du véritable arbre généalogique.

En abordant actuellement la généalogie du règne végétal, il nous faut donc, conformément à cette donnée fondamentale, jeter d'abord un coup d'œil sur la classification naturelle de ce règne, telle qu'elle est acceptée aujourd'hui dans son ensemble par la plupart des botanistes. La totalité des plantes peut se diviser en deux groupes principaux ou sous-règnes, celui des cryptogames, et celui des phanérogames, division établie, il y a plus d'un siècle, par Ch. Linné, l'un des précurseurs de la classification naturelle. Le sous-règne des phanérogames fut partagé, dans la classification artificielle de Linné, d'après le nombre, la forme, la connexion des étamines et la disposition des organes sexuels, en vingt-trois classes, complétées par une vingt-quatrième, celle des cryptogames.

Les cryptogames qui étaient autrefois fort peu observés, ont été soigneusement étudiés de nos jours, et l'on y a découvert une telle diversité de formes et de si profondes différences de structure et de texture, que l'on n'y peut pas distinguer moins de treize classes, tandis que le nombre des classes des phanérogames peut se réduire à cinq. Mais ces dix-huit classes du règne végétal peuvent aussi se grouper en six grandes divisions, en six branches. De ces groupes, deux appartiennent aux phanérogames, quatre aux cryptogames. Le tableau suivant montre comment ces dix-huit classes se distribuent en six grandes divisions, comment ces dernières se groupent en embranchements primordiaux.

Le sous-règne des cryptogames se partage tout naturellement en deux groupes principaux, différant essentiellement les uns des autres par leur texture et par leur forme extérieure ; ce sont les *thallophytes* (1) et les *prothallophytes*. Le grand groupe des *thallophytes* comprend deux classes principales, celle des *algues*, vivant dans l'eau et celles des *inophytes* (*lichens*, *champignons*), qui croissent sur le sol, les pierres, l'écorce des arbres, les corps organiques en décomposition. Le grand groupe des *prothallophytes* comprend deux grandes classes très riches en types variés, la classe des *mousses* et celles des *fougères*.

Ce qui caractérise les *thallophytes*, c'est que l'on a pas encore

1. Θαλλός, germe; φυτόν, plante.

pu reconnaître chez eux les deux organes fondamentaux de la morphologie végétale, la tige et les feuilles. Le corps des algues et des inophytes est constitué uniquement par des cellules simples, que l'on appelle *frondes* ou thallus. Ce thallus ne s'est point encore différencié en organes axillaires (tige et racines) et en organe foliacés. Par là et par une foule d'autres particularités les thallophytes contrastent avec toutes les autres plantes, c'est-à-dire avec les deux groupes principaux des prothallophytes et des phanérogames ; aussi désigne-t-on souvent ces deux derniers groupes par le nom de plantes à tiges ou *Cormophytes* (1). Le tableau suivant montre nettement la relation de ces trois groupes au point de vue de l'existence soit des fleurs, soit des organes morphologiques primaires.

I. Cryptogames	{	A. Thallophytes	I. Tallophytes.
		B. Prothallophytes	II. Cormophytes.
II. Phanérogames	{	C. Phanérogames	

Actuellement, et depuis bien longtemps déjà, les cormophytes constituent la majeure partie du monde végétal ; mais il n'en a pas toujours été ainsi. Loin de là. Les plantes à tiges et non seulement les phanérogames, mais aussi les prothallophytes faisaient encore absolument défaut durant le laps de temps immensément long de l'âge archéolithique ou primordial, première période de l'histoire organique terrestre. Vous vous rappelez que les systèmes Laurentien, Cambrien, Silurien, mesurant environ 70.000 pieds d'épaisseur, se sont déposés durant cet âge. Or, l'ensemble des couches plus récentes, depuis le système Devonien jus qu'aux terrains les plus modernes, atteint à peu près 60.000 pieds : nous pouvons donc tirer de ces faits une conclusion, qui ressort aussi de preuves d'une autre nature, c'est que cet âge primordial a surpassé en durée tout le temps qui s'est écoulé depuis lors. Durant cette immense période, qui comprend peut-être bien des millions de siècles, la vie végétale semble avoir été représentée sur notre globe uniquement par le grand groupe des thallophytes et même par les seules grandes classes des thallophytes aquatiques, par les algues. Du moins tous les débris végétaux fossiles, que nous pouvons attribuer sûrement à l'âge primordial, appartiennent exclusivement à cette classe. D'autre part, comme tous les fossiles animaux du même âge sont aquatiques, nous en pouvons

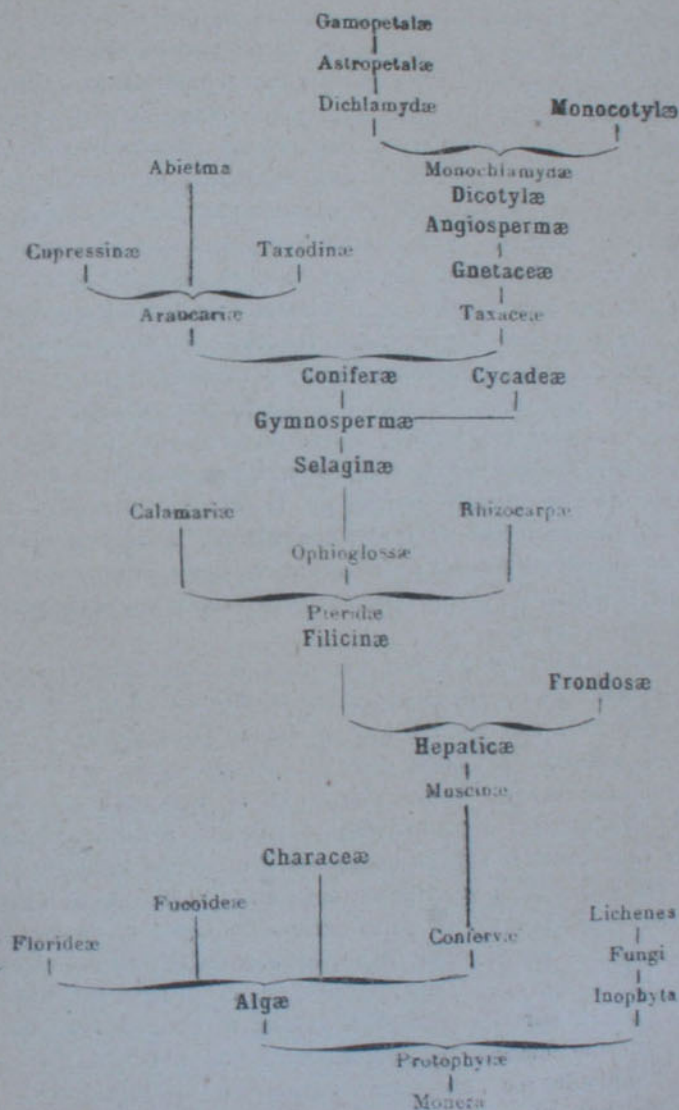
1. Κορμός, tige; φυτόν, plante.

TABLEAU TAXINOMIQUE

DES SIX GRANDS GROUPES ET DES DIX-HUIT CLASSES
DU RÈGNE VÉGÉTAL

GROUPES FONDAMENTAUX OU SOUS-RÈGNES DU RÈGNE VÉGÉTAL	GRANDES CLASSES DU RÈGNE VÉGÉTAL	CLASSES DU RÈGNE VÉGÉTAL	NOMS TAXINOMIQUES DES CLASSES
A Thallophytes.	I Algues (<i>Algae</i>).	1. Végétaux primaires.	1. Protophyta.
		2. Algues vertes.	2. <i>Conferinae</i> .
		3. Algues brunes.	3. <i>Fucoideae</i> .
		4. Algues rouges.	4. <i>Florideae</i> .
		5. Algues-mousses.	5. <i>Characeae</i> .
B Prothallophytes.	II Inophytes (<i>Inophyta</i>).	6. Champignons.	6. <i>Fungi</i> .
		7. Lichens.	7. <i>Lichenes</i> .
	III Mousses (<i>Muscinae</i>).	8. Hépatiques.	8. <i>Hepaticae</i> .
		9. Mousses foliacées.	(<i>Thallobrya</i> .) 9. <i>Frondoae</i> .
		10. Fougères foliacées.	(<i>Phyllobrya</i> .) 10. <i>Pteridae</i> .
C Phanérogames.	IV Fougères (<i>Filicinae</i>).	11. Fougères aquatiques.	(<i>Filices</i> .) 11. <i>Rhizocarpae</i> .
		12. Fougères à chaumes.	(<i>Hydropterides</i> .) 12. <i>Calamante</i> .
		13. Fougères squameuses.	(<i>Calamophyta</i> .) 13. <i>Selagines</i> .
	V Gymnospermées (<i>Gymnospermae</i>).	14. Fougères palmiformes.	(<i>Lepidophyta</i> .) 14. <i>Cycadae</i> .
		15. Conifères.	15. <i>Coniferae</i> .
	VI Angiospermées (<i>Angiospermae</i>).	16. Gnétacées	16. <i>Gaetaceae</i> .
		17. Monocotylédonées.	17. <i>Monocotylae</i> .
		18. Dicotylédonées.	18. <i>Dicotylae</i> .

ARBRE GÉNÉALOGIQUE MONOPHYLÉTIQUE
DU RÉGNE VÉGÉTAL



conclure que les organismes terrestres n'existaient pas encore.

Cela suffirait pour rendre particulièrement intéressante l'étude du premier grand groupe végétal qui est en même temps le plus rudimentaire, je veux parler du groupe des *algues*. Mais cette grande tribu végétale est, en outre, digne par elle-même d'une attention toute spéciale. En dépit de leur constitution extrêmement simple, puisqu'elles sont seulement composées de cellules semblables ou peu différenciées, les algues montrent pourtant dans leurs formes extérieures une étonnante diversité. On y trouve, d'une part, les plantes les plus simples, les plus rudimentaires ; d'autre part, une grande complication et une grande originalité de formes. Les divers groupes d'algues diffèrent autant par la taille que par la perfection et la diversité de leurs formes extérieures. Au plus bas degré, nous trouvons les protococcus, si microscopiques qu'ils pourraient tenir au nombre d'une centaine de mille sur une tête d'épingle. A l'extrémité opposée, nous voyons les macrocystes géants, qui atteignent une longueur de 300 à 400 pieds, ce qui n'arrive à aucun type végétal. Il est possible aussi qu'une grande partie de la houille provienne des algues. En dehors même de toutes ces raisons, les algues doivent attirer tout particulièrement notre attention, par cela seul qu'elles marquent le début de la vie végétale ; elles contiennent en germe tous les autres groupes.

Quiconque habite les régions centrales d'un continent ne peut se faire au sujet de ces plantes si intéressantes que des idées très imparfaites, car il n'en connaît que les échantillons petits et rudimentaires, habitant les eaux douces. Les conferves vertes, de consistance muqueuse, de nos étangs et de nos puits, l'enduit d'un vert éclatant, qui recouvre les pièces de bois ayant longtemps séjourné dans l'eau, la couche spumeuse d'un jaune verdâtre à la surface des mares de nos villages, les touffes vertes et chevelues, qui flottent toujours dans les eaux douces, stagnantes ou courantes, sont en majeure partie composés d'algues de diverses espèces. Les personnes qui ont visité les rivages de la mer, qui ont vu avec étonnement sur les côtes d'Helgoland et du Schleswig-Holstein les énormes masses d'algues rejetées par la marée, ou bien qui ont contemplé sur les bords rocheux de la Méditerranée, à travers les flots bleus, les prairies sous-marines d'algues aux formes élégantes et aux vives couleurs, celles-là seulement savent apprécier suffisamment l'importance de la classe des algues. Et

pourtant, même ces prairies d'algues sous-marines aux formes si variées de nos rivages européens ne donnent-elles qu'une faible idée de la colossale forêt sous-marine de la *mer des Sargasses*, dans l'Océan Atlantique. Il y a là un énorme banc d'algues couvrant une superficie d'environ 40.000 mètres carrés et qui fit croire à Colomb durant son premier voyage que la terre était proche ! Des forêts d'algues analogues, mais bien autrement vastes, croissaient vraisemblablement en masses profondes dans les mers des premiers âges géologiques. Un nombre énorme de générations de ces algues archéolithiques se sont succédé, comme l'attestent, entre autres preuves, les puissantes strates d'ardoises alumineuses accumulées dans les terrains siluriens de la Suède et qui sont essentiellement constituées par des amas de ces algues sous-marines. Selon la nouvelle théorie du géologue Friedrich Mohr, de Bonn, les couches de houille seraient en majeure partie composées des débris accumulés de ces forêts d'algues.

Dans le grand groupe des algues, nous distinguons cinq classes, savoir : 1° les algues primitives ou protophytes ; 2° les algues vertes ou confervinées ; 3° les algues brunes ou fucoidées ; 4° les algues rouges ou floridées ; 5° les algues-mousses ou characées.

On peut aussi donner à la première classe, aux algues primitives (*Archeephycea*), le nom de plantes primitives (*Protophyta*), car on y trouve les plus simples et les plus imparfaits des végétaux, et aussi les organismes végétaux les plus anciens, ceux d'où est descendu tout le reste du règne végétal. Il faut ranger tout d'abord dans ce groupe ces monères végétales, les aînées de tous les végétaux et qui sont nées par génération spontanée au commencement de la période Laurentienne. Ajoutons-y, en outre, tous ces types végétaux d'une organisation extrêmement simple, qui sont issus de ces monères et se sont élevées au rang des plastides. C'étaient d'abord de petits végétaux rudimentaires ; leurs corps était une cytode des plus simples, une plastide sans noyau ; puis un noyau se différencia dans le plasma ; l'organisme s'éleva alors au rang d'une cellule simple. Aujourd'hui encore il existe des types d'algues très simples, qui ne s'éloignent guère de ces végétaux primitifs ; ce sont les codioliacées, les protococcacées, les desmidiacées, les palmellacées, les hydrodictyées et beaucoup d'autres familles d'algues. Il faudrait aussi ranger dans cette catégorie le remarquable groupe des phycochromacées (*Chroococca-*

cées et oscillarinées), à moins qu'on n'ait mieux en faire une tribu indépendante dans le règne des protistes.

Les *Protophytes monoplastides*, c'est-à-dire les algues rudimentaires, formées d'une simple plastide, sont extrêmement intéressants, car ils parcourent la durée totale de leur existence, sans cesser d'être « des individus primordiaux » des cytodes sans noyaux ou des cellules à nucléus. Deux botanistes, à qui la théorie de l'évolution est très redevable, Alexandre Braun et Carl Nägeli, nous ont surtout fait connaître ces protophytes. Aux plantes primitives monocytodes appartiennent ces algues tubiformes si étranges, les siphonées, dont la forme rappelle d'une manière étonnante celle des plantes plus élevées dans la série. Beaucoup de ces siphonées atteignent une longueur de plusieurs pieds et ressemblent soit à une mousse élégante (*Bryopsis*), soit à une lycopodiacée, ou même à une phanérogame complète ayant tige, racines et feuilles (*Caulerpa*, fig. 17).

Pourtant un tel organisme, quelles que soient sa taille et la complication de sa forme extérieure, est tout simplement tubiforme; ce n'est qu'une simple cytode. Ces étonnantes siphonées, ces caulerpées nous montrent à quel point, sans cesser d'être des individus d'ordre rudimentaire, de simples cytodes peuvent, par une ongue adaptation, se plier aux exigences du milieu extérieur. Les végétaux primitifs monocellulaires, qui se distinguent des monocytodes par la présence d'un noyau, revêtent aussi, en s'adaptant de mille manières, une grande diversité de formes élégantes. Je citerai à titre d'exemple les élégantes desmidiacées, dont un spécimen du genre *Euastrum* est représenté dans la figure 18. Très vraisemblablement, des plantes primitives analogues, très nombreuses et très variées, mais dont le corps se prêtait mal à la fossilisation, ont peuplé autrefois les mers primitives de la période Laurentienne. Cependant, tout en revêtant des formes très diverses, elles n'ont pu s'élever à un degré d'individualisation supérieur à celui des simples plastides.

Après les algues primitives vient d'abord le groupe des algues vertes (*Conserinae* ou *Chlorophyceae*). Comme la plupart des algues primitives, toutes les plantes de la classe des *Conserinae* sont colorées en vert, et elles doivent cette coloration à la chlorophylle, qui est aussi la matière colorante des végétaux supérieurs. A cette classe appartiennent, outre un grand nombre d'algues marines inférieures, la plupart des algues d'eau douce, toutes les

conferves, les glaucosphères vertes, les laitues aquatiques ou ulves, d'un vert éclatant avec de longues feuilles ayant la forme de celles de la laitue. Il faut y ajouter toutes ces petites algues microscopiques, qui, accumulées en quantité prodigieuse, recouvrent d'une couche visqueuse d'un vert clair tous les objets, bois, pierres, etc., séjournant dans l'eau. Par leur composition et leur



Fig. 17. — CAULERPA DENTICULATA, siphonée monoplastique de grandeur naturelle. Cette plante rudimentaire qui semble composée d'une lige rampante ayant des touffes de racines filamenteuses et des feuilles dentées, n'est pourtant qu'une simple plastide et même une cythode sans noyau, inférieure par conséquent à la vraie cellule à noyau.

degré de différenciation, ces conferves s'élèvent déjà au-dessus des simples algues primitives; les conferves ayant, comme les algues primitives, une consistance très molle, ont rarement pu se fossiliser. Mais nul doute que cette classe d'algues, sortie tout d'abord de la classe précédente, n'ait peuplé d'espèces nombreuses et variées les eaux douces et salées du globe durant la période Laurentienne.

Dans la troisième classe, celle des algues brunes (*Fucoides*) ou

noires (*Phaeophyceæ*), ces végétaux atteignent leur plus haut degré de développement, au moins quant à la taille. La couleur caractéristique des fucoides est un brun plus ou moins sombre, tirant tantôt sur le vert olive ou le vert jaune, tantôt sur le brun rouge ou noir. A cette classe appartiennent les plus grandes de toutes les algues, qui sont en même temps les plus longues de toutes les plantes. Citons entre autres la *Macrocystis pyrifera* des côtes californiennes, qui a jusqu'à 400 pieds de long. C'est dans ce groupe que se rangent aussi les plus remarquables de nos algues indi-

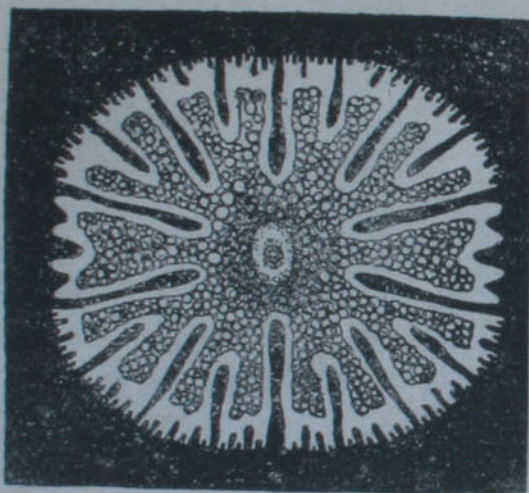


Fig. 48. — *EUASTRIUM NOTA*, simple desmidiacée monocellulaire très grosse. Cette plante rudimentaire, à la forme élégamment étoilée, est une cellule simple. Au centre se voit le noyau avec son nucléole.

gènes, notamment la superbe algue sucrée (*Laminaria*), dont le thallus visqueux, d'un vert olive, simulant des feuilles gigantesques de dix à quinze pieds de long sur un demi-pied ou un pied de large, est jeté en masses énormes sur les côtes des mers du Nord et de la Baltique. Il faut ranger dans cette classe l'algue vésiculeuse (*Fucus vesiculosus*), si commune dans nos mers et dont la feuille, dichotomiquement ramifiée, est maintenue à la surface de l'eau, comme celles de beaucoup d'algues brunes, par des vésicules pleines d'air. Il en est de même des algues flottantes appelées sargasses (*Sargassum bacciferum*), qui forment les prairies flottantes de la mer des Sargasses. Quoique chacune de ces algues

arborescentes soit composée de millions de cellules, pourtant elle a été, au début de son existence, comme toutes les plantes d'un ordre plus élevé, une simple cellule, un œuf. Chez notre *Fucus vesiculosus* commun, cet œuf est une cellule nue, sans enveloppe, et, à ce titre, on pourrait le confondre avec les œufs nus des animaux inférieurs, des méduses, par exemple (fig. 49). Ce sont vraisemblablement les fucoides ou algues brunes qui, durant l'immense durée de l'âge primordial, constituaient pour la plus grande part les forêts d'algues caractéristiques de cet âge.

Les échantillons fossiles de ces algues que nous possédons et qui datent en majorité de la période silurienne, ne peuvent nous en donner qu'une faible idée, car ces organismes se prêtent mal à la fossilisation. Pourtant, comme nous l'avons déjà remarqué, une grande partie de la houille provient peut-être de ces végétaux.

La quatrième classe, celle des algues roses ou rouges (*Floridæ* ou *Rhodophyceæ*), est moins importante. Sans doute, on observe aussi chez ces algues une grande richesse de formes; mais la plupart des espèces sont bien plus petites que les algues brunes. Elles ne le cèdent d'ailleurs à ces dernières ni pour la perfection, ni pour la différenciation de la forme extérieure; elles les surpassent même sous beaucoup de rapports. C'est parmi elles que se trouvent les plus belles, les plus élégantes des algues, celles qui, à cause de leurs feuilles pennées, finement découpées, de leur couleur rouge, si pure et si délicate, méritent d'être rangées parmi les plantes les plus élégantes de la création. La coloration rouge caractéristique est tantôt d'un pourpre profond, tantôt d'un écarlate vif, tantôt d'un rose tendre; parfois elle passe soit au violet ou au pourpre, soit à des teintes brunes et vertes, et ces nuances sont toujours d'une éclatante beauté. Quiconque a quelque peu fréquenté l'un de nos bords de mer du Nord aura certainement considéré avec surprise les formes élégantes de ces Floridées, que l'on vend aux amateurs, après les avoir séchées sur du papier blanc. Malheureusement, la plupart des algues rouges sont si délicates qu'elles



Fig. 49. — Œuf d'une algue foliacée commune (*Fucus vesiculosus*), simple cellule nue fortement grossie. Au milieu de la sphère protoplasmique nue on voit par transparence le noyau brillant.

sont absolument impropres à la fossilisation ; c'est le cas, par exemple, pour les splendides ptilotes, plocamies, delesseries, etc. Il est pourtant des types, les chondries et les sphérocoques, entre autres, qui ont un thallus dur, souvent presque cartilagineux, et dont nous possédons beaucoup de débris fossiles. Ces échantillons se sont conservés surtout dans les couches siluriennes, devoniennes, carbonifères et jurassiques. Vraisemblablement, cette classe a pris une part importante à la composition de la flore des algues archéolithiques.

La cinquième et dernière classe des algues est formée par les algues-mousses (*Characeæ*). A cette classe appartiennent les *Chara*, les *Nilella*, etc., dont les tiges vertes, filiformes, garnies de branches dichotomiques, disposées en verticilles forment des bancs épais dans nos étangs et nos mares. D'une part, par leur structure anatomique, et spécialement par l'anatomie des organes reproducteurs, les characées se rapprochent des mousses, et tout récemment on les a placées immédiatement à leur suite ; mais, d'autre part, par d'autres caractères, elles sont bien inférieures aux mousses et ont bien plus d'affinités avec les algues vertes ou confervinées. On pourrait donc regarder les characées comme les rejetons perfectionnés de ces algues vertes, d'où sont issus les mousses. D'ailleurs, les characées diffèrent des autres plantes par tant de particularités, que beaucoup de botanistes les considèrent comme une section particulière du règne végétal.

Quant aux relations de parenté des diverses classes d'algues entre elles et avec le reste des végétaux, les algues primitives ou archéphyces forment très vraisemblablement, comme je l'ai déjà remarqué, la souche commune des diverses classes d'algues et du règne végétal tout entier. Nous pouvons donc, à bon droit, les appeler végétaux primitifs ou protophytes. Les monères nues, végétales, qui vivaient au commencement de la période Laurentienne auraient d'abord engendré des cythodes revêtues d'une membrane due à la formation d'une couche durcie à la surface de la substance albumineuse nue et homogène de la monère. Plus tard, lorsqu'un noyau ou nucléus se différencia dans la substance cellulaire ou plasma, de vraies cellules végétales se formèrent aux dépens de ces cythodes à membrane. Les trois classes d'algues vertes, brunes et rouges, sont peut-être trois tribus distinctes nées isolément de la souche commune des algues primitives. Chacune de ces tribus se serait ensuite développée à sa

manière en se subdivisant en ordres et en familles. Les algues brunes et rouges n'ont aucune parenté étroite avec les autres classes du règne végétal. Il est plus vraisemblable que ces dernières proviennent des algues primitives, soit directement, soit par l'intermédiaire des algues vertes. Il est probable que, d'une part, les mousses, d'où plus tard sont sorties les fougères, proviennent d'un groupe des algues vertes, tandis que, d'autre part, les champignons et les lichens seraient issus d'un groupe des algues primitives. Les phanérogames seraient descendus des fougères, mais beaucoup plus tardivement.

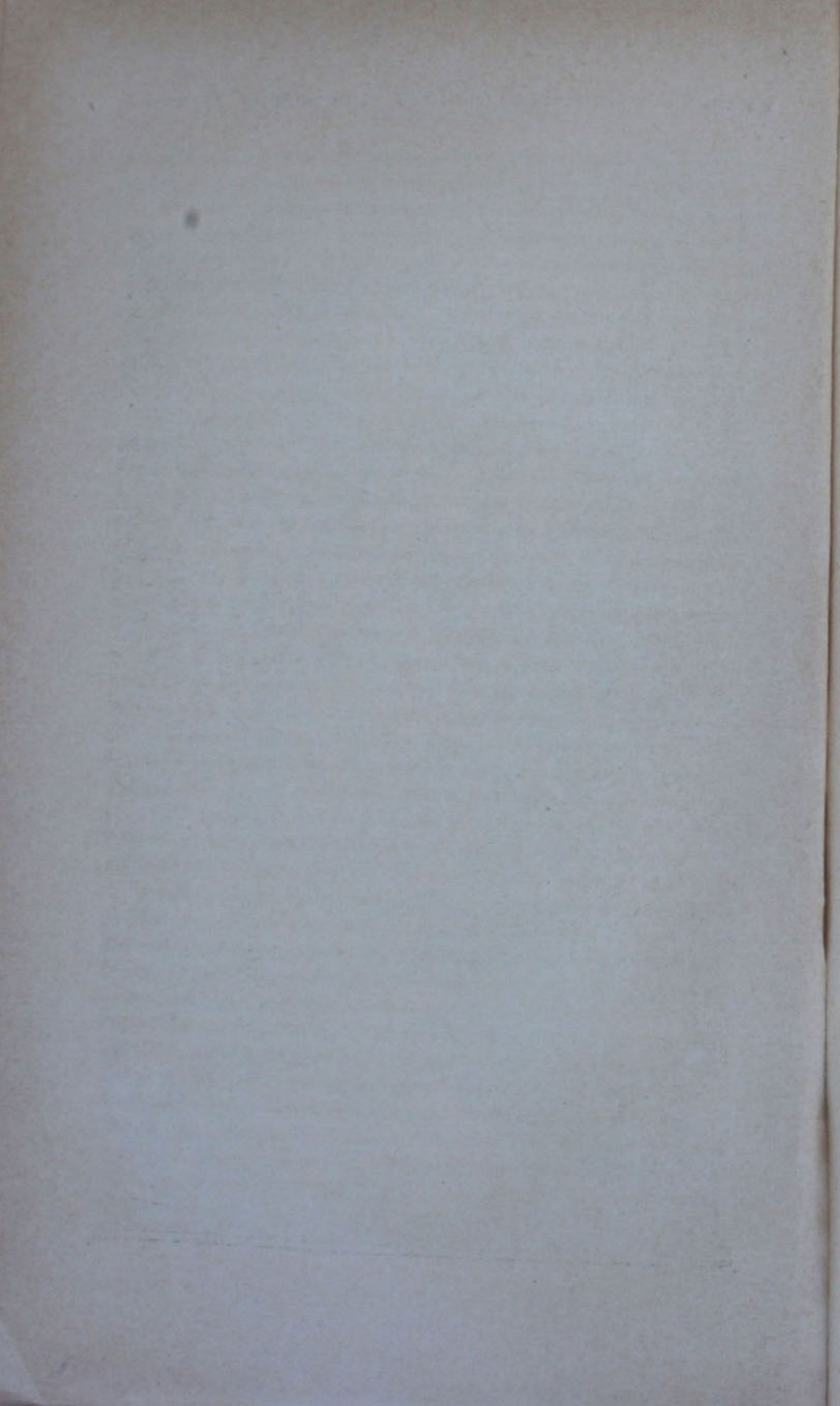
Nous avons considéré les *Inophytes* (*Inophyta*) comme étant la deuxième grande classe du règne végétal. Nous appelons inophytes les deux classes si voisines des lichens et des champignons. A proprement parler, ces curieux organismes n'appartiennent pas au règne végétal. Le groupe principal des inophytes, celui des champignons, fait logiquement partie du règne des protistes. Il est surtout permis de supposer que nombre de champignons très inférieurs, par exemple, les champignons des fermentations, les *Micrococcus*, etc., doivent leur origine à un certain nombre de monères archigoniques, c'est-à-dire nées par génération spontanée. Lichens et champignons se distinguent de ces derniers par la texture de leur masse molle et composée de cellules filiformes spéciales, intriquées en un feutre épais. C'est à cause de ces cellules, auxquelles nous donnons le nom d'*hyphes*, que nous rangeons les lichens et les champignons dans le grand groupe des inophytes. Ces « hyphes » sont des cytodes, jamais de vraies cellules. On n'y trouve point le nucléus, constant dans les véritables cellules végétales, au moins dans leur jeunesse.

La première classe des inophytes, celle des champignons (*Fungi*), a été bien à tort confondue avec celle des éponges, qui sont de vrais organismes animaux. Les champignons se relient par de nombreux traits de parenté aux algues plus inférieures, ainsi les champignons-algues ou phycomycètes (saprolegniées; péronosporées) ne se différencient véritablement des algues tubulées ou siphonnées (vauchériées et caulerpées), dont nous avons parlé, que par l'absence de la matière verte des feuilles ou chlorophylle. En outre, tous les vrais champignons ont une physiologie si caractéristique; ils diffèrent tellement des autres plantes, par exemple sous le rapport de la nutrition, que l'on pourrait en faire une grande classe tout à fait distincte du règne

végétal. Les autres plantes se nourrissent en grande partie de matières inorganiques, de composés simples, qui s'unissent pour former des composés plus complexes. En combinant ensemble de l'eau, de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, elles produisent du plasma. Elles absorbent de l'acide carbonique et exhalent de l'oxygène. Les champignons, au contraire, se nourrissent, comme les animaux, de matières organiques; ils vivent de composés carbonés complexes et instables qu'ils reçoivent d'autres organismes et décomposent ensuite. Ils respirent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique comme les animaux. Aussi, jamais les champignons ne produisent-ils la matière verte des plantes, la chlorophylle, qui est si caractéristique chez les autres végétaux. Jamais non plus ils ne forment d'amidon. C'est pourquoi des botanistes éminents ont-ils déjà proposé, à diverses reprises, de rejeter absolument les champignons hors du règne végétal et d'en faire un troisième règne intermédiaire aux deux règnes organisés. Ce serait pour notre règne des protistes un appoint considérable. Mais comme beaucoup de champignons se reproduisent par génération sexuée, et comme la plupart des botanistes considèrent traditionnellement les champignons comme de vraies plantes, nous les laisserons dans le règne végétal. L'origine phylétique des champignons sera encore bien longtemps obscure. La proche parenté des phycomycètes et des syphonées, surtout des saprolegniées et des vauchériées, fait penser que les champignons descendent des siphonées. Pourtant beaucoup de faits donnent à penser que les champignons les plus inférieurs sont nés directement par génération spontanée.

Sous le rapport phylogénétique, la deuxième classe des inophytes, celle des lichens (*Lichenes*), est très remarquable. Des découvertes très récentes et fort inattendues nous ont appris que tout lichen est composé de deux végétaux entièrement distincts, d'une algue, d'un type inférieur (nostochacées, chroococcacées), et d'un champignon parasitaire (ascomycétées), vivant aux dépens de cette algue, en absorbant la matière déjà assimilée par elle. Les cellules vertes, chlorophyllées (gonidies), que l'on trouve dans les lichens appartiennent aux algues par leur nature. Au contraire, les cellules filiformes, incolores (hyphes), entre-croisées ensemble, qui forment la plus grande partie du lichen, appartiennent aux champignons parasites. Mais les deux types de





plantes, champignon et algue, que l'on considère comme appartenant à deux grandes classes tout à fait distinctes, sont si étroitement unis, si intimement fondus ensemble, que le lichen semble à tout le monde un organisme distinct. Les lichens forment ordinairement sur les pierres, sur l'écorce des arbres, des enduits minces, aux contours irréguliers, à surface craquelée, inégale. Leur couleur passe par toutes les nuances possibles, du blanc le plus pur au jaune, au rouge, au vert, au brun et jusqu'au noir le plus intense. Les lichens jouent dans l'économie de la nature un rôle important. En effet, ils se fixent sur les sols les plus arides, les plus stériles, de préférence sur les roches nues là où nulle autre plante ne saurait vivre. La lave noire, si dure, qui, dans les contrées volcaniques, couvre de si vastes espaces et qui, des siècles durant, oppose à toute végétation un invisible obstacle, ne peut être vaincue que par les lichens. Les lichens blancs et gris des rochers (*Stereocaulon*) sont les agents qui commencent la fertilisation des blocs de lave les plus nus, les plus arides, les plus désolés, et les conquièrent au profit de la végétation plus élevée qui leur succédera. Leurs débris amoncelés forment l'humus primitif, dans lequel, plus tard, les mousses, les fougères et les phanérogames s'implanteront solidement. La structure coriace des lichens les rend aussi plus insensibles que tous les autres végétaux aux intempéries de l'air. Aussi ces lichens recouvrent-ils la roche nue même sur les cimes les plus élevées, en grande partie revêtue d'une neige éternelle, là où nulle autre plante ne saurait se maintenir.

Cessons de nous occuper des plantes habituellement appelées thalliches, c'est-à-dire des champignons, des lichens et des algues, et abordons la deuxième grande division du règne végétal, le groupe des plantes prothalliques (*Prothallota* ou *Prothallophyta*). On a aussi donné à ces plantes le nom de cryptogames phyllogoniques, en opposition aux plantes thalliches ou cryptogames thallophytes. Ce groupe comprend les deux grandes classes des mousses et des fougères. Déjà nous trouvons ici, excepté chez quelques-unes des espèces les plus inférieures, la différenciation de la plante en deux catégories d'organes primordiaux, savoir : en organes axiles comprenant la tige et les racines, et en organes appendiculaires ou foliacés. Par là, les plantes prothalliques ressemblent déjà aux phanérogames ; aussi, de nos jours, les a-t-on fréquemment confondues avec elles sous le nom de plantes à tige

ou cormophytes¹. Mais, d'autre part, les mousses et les fougères se rapprochent des plantes thallickes par l'absence de floraison et de fructification, et Linné les avait déjà réunies aux cryptogames, par opposition aux plantes phanérogames ou anthophytes².

Sous la désignation de « plantes prothalliques », nous comprenons les mousses les mieux caractérisées et les fougères parce que chez les unes et les autres, on observe une génération alternante toute spéciale. Chaque espèce passe par deux générations distinctes. On appelle la première *Prothallium*, l'autre tige ou *Cormus* de la mousse ou de la fougère. La première génération prothallium, protonema, est morphologiquement très inférieure et au niveau de celle des plantes prothalliques; il n'y a encore ni tige, ni organes foliacés, et l'organisme cellulaire tout entier n'est qu'un simple thallus. La seconde génération des mousses et des fougères est plus parfaite; ici il y a un organisme beaucoup plus complexe, divisé en tige et en feuilles comme chez les phanérogames. Pourtant cette seconde forme fait défaut chez les mousses les plus inférieures. Mais, chez toutes les autres mousses et fougères, la génération thallickiforme est suivie d'une génération à tige, qui, à son tour, reproduit de nouveau les thallus de la première génération, etc. Ici, comme dans la génération alternante des animaux, la première génération correspond à la troisième, à la cinquième, etc., tandis que la seconde est semblable à la quatrième, à la sixième, etc. (*Voy.* p. 484.)

Des deux grands groupes de plantes prothalliques, l'un, celui des mousses, est en général beaucoup plus imparfait que celui des fougères. Les mousses forment la transition, surtout au point de vue anatomique, entre les prothallophytes et les thallophytes, surtout entre les algues et les fougères. Néanmoins les indices de parenté entre les mousses et les fougères ne sont visibles qu'entre les types les plus imparfaits des deux classes. Les groupes plus parfaits des mousses et des fougères sont très distincts et se développent dans des directions absolument opposées. Cependant les mousses sont issues directement des végétaux thallickes et très vraisemblablement des algues vertes. Les fougères, au contraire, descendent vraisemblablement de muscinées inconnues et éteintes, qui devaient se rapprocher beaucoup des hépaticées

1. Κορμός, tronc, tige; φυτόν, plante.

2. Άνθος, fleur; φυτόν, plante.

actuelles les plus inférieures. Au point de vue de l'histoire de la création, les fougères sont bien plus intéressantes que les mousses.

La grande classe des mousses (*Muscidae*, *Musci*, *Bryophyta*) contient les types les plus inférieurs, les plus imparfaits des groupes prothalliques. Ces plantes sont encore dépourvues de vaisseaux. Le plus souvent ce sont des organismes extrêmement délicats, qui se prêtent mal à la fossilisation. Aussi les restes fossiles de la classe des mousses sont-ils rares et peu importants. Peut-être les mousses sont-elles issues, à une époque très reculée, des plantes thallogues et probablement des algues vertes. Vraisemblablement des formes transitoires aquatiques entre les algues vertes et les types intermédiaires terrestres se montrèrent seulement dans l'âge primaire. Les mousses actuelles, dont les formes graduellement perfectionnées suscitent quelques conjectures sur leur généalogie, se divisent en deux classes, celle des mousses hépatiques et celle des mousses foliacées.

La classe des mousses hépatiques (*Hepaticæ*, ou *Thallobrya*) est la plus ancienne; elle prend place immédiatement après les algues vertes ou confervinées. Les mousses de cette classe sont en général mal connues; elles sont petites et peu apparentes. Leurs représentants les plus inférieurs ont encore un thallus simple dans leurs deux générations alternantes (Ricciées et Marchantiées). Au contraire, les hépatiques supérieurs, les Junggermanniacées et leurs analogues, commencent à se différencier en tiges et feuilles: les plus parfaites se rattachent directement aux mousses foliacées. Le caractère intermédiaire de la morphologie des hépatiques indique qu'elles descendent en droite ligne des thallophytes et sans doute des algues vertes.

Les seules mousses, que le vulgaire connaisse d'ordinaire et qui sont, en fait, les représentants les plus importants du groupe tout entier, appartiennent à la deuxième classe, aux mousses foliacées (*Musci frondosi*, *Musci* dans le sens strict du mot, ou *Phyllobrya*). Elles appartiennent aux mousses foliacées, ces élégantes petites plantes, qui forment les soyeux tapis de nos bois, ou qui, mêlées aux hépatiques et aux lichens, recouvre l'écorce des arbres. Dans l'économie de la nature, ces végétaux jouent un rôle important, en conservant l'humidité. Là où l'homme déracine et défriche impitoyablement les bois, il fait disparaître en même temps les mousses foliacées qui recouvraient l'écorce des arbres, tapissaient le sol et occupaient les espaces vides entre les grands

régétaux. Avec les mousses foliacées disparaissent d'utiles réservoirs de l'humidité, qui absorbaient la pluie et la rosée et les thésaurisaient pour les temps de sécheresse. Il en résulte une désolante aridité du sol, et tout espoir d'une belle végétation est perdu. Dans la plus grande partie de l'Europe méridionale, en Grèce, en Italie, en Sicile, en Espagne, les mousses ont été anéanties par une imprévoyante destruction des forêts, et, par suite, le sol a été privé de ses plus précieuses réserves d'humidité; aussi des contrées, jadis les plus florissantes, les plus luxuriantes, sont devenues des déserts arides et incultes. Malheureusement cette pratique grossièrement barbare, se répand aussi de plus en plus en France et en Allemagne. Vraisemblablement les petites mousses foliacées ont joué ce rôle si important depuis fort longtemps, peut-être depuis le commencement de l'âge primaire.

Mais, comme ce sont des organismes très délicats, se prêtant mal à la fossilisation, la paléontologie ne peut nous renseigner à ce sujet.

Les restes fossiles nous éclairent beaucoup mieux au point de vue de l'histoire du monde végétal, sur l'extrême importance de la deuxième grande classe des prothallophytes, celle des fougères. Les fougères ou plutôt les plantes pléridioïdes (*Filicinae*, *Pteridoidae* ou *Pteridophyta*, Cryptogames vasculaires) dominèrent dans le monde végétal durant un laps de temps immense, pendant toute la durée de l'âge primaire ou paléolithique, au point que l'on pourrait à bon droit appeler cet âge « l'âge des fougères »: A partir du commencement de la période devonienne, où les organismes terrestres firent leur première apparition et pendant le dépôt des couches devoniennes, carbonifères et permienes, le type végétal des fougères prédomina tellement que l'appellation dont nous venons de nous servir est parfaitement justifiée. Dans ces dépôts, mais surtout dans les couches houillères si puissantes de la période carbonifère, nous trouvons des restes de fougères en telle quantité et parfois dans un si bon état de conservation que nous pouvons nous faire une image assez vivante de la flore terrestre pendant l'âge paléolithique. En 1853, le nombre total des plantes paléolithiques alors connues s'élevait à environ un millier, et parmi elles on comptait jusqu'à 872 plantes du type des fougères. Parmi les 128 espèces restantes, il y avait 77 gymnospermes (conifères et cycadées), 40 plantes thallickes, algues pour la plupart, et seulement 20 cormophytes mal déterminées.

Comme je l'ai déjà indiqué, les fougères sont vraisemblablement issues des hépatiques inférieures et sans doute au commencement de l'âge primaire, dans la période devonienne. Par leur organisation, les fougères s'élèvent déjà notablement au-dessus des mousses et leurs types les plus élevés se rapprochent même des phanérogames. Chez les mousses de même que chez les plantes thalliques, la plante tout entière est composée de cellules presque homogènes, peu ou point différenciées; au contraire, chez les fougères, on voit déjà apparaître ces cordons cellulaires spéciaux connus dans les plantes sous le nom de vaisseaux ou de faisceaux vasculaires, qui existent aussi d'ordinaire chez les phanérogames. On peut donc réunir les fougères aux phanérogames en les appelant « cryptogames vasculaires », et opposer ces « végétaux vasculaires » aux « végétaux cellulaires », c'est-à-dire aux « cryptogames cellulaires » (mousses et plantes thalliques). C'est seulement durant la période devonienne, au commencement de la seconde moitié de l'histoire organique terrestre, que s'effectua cet important progrès dans l'organisation végétale, la formation des vaisseaux et des faisceaux vasculaires.

Le grand groupe des fougères ou filicinées se divise en quatre classes distinctes, savoir : 1° les fougères foliacées ou ptéridées; 2° les fougères aquatiques ou rhizocarpées; 3° les fougères à chaumes ou calamariées; 4° les fougères squameuses ou sélaginées. La classe la plus variée et aussi celle qui dominait dans les forêts paléolithiques était celle des fougères foliacées; puis immédiatement après elle, venait la classe des fougères squameuses. Au contraire, les calamariées cédaient de beaucoup le pas aux classes précédentes, et quant aux rhizocarpées, nous ne savons même pas si elles existaient dès cette époque. Nous pouvons difficilement nous faire une idée de ces sombres forêts de fougères de l'âge paléolithique, toute notre flore actuelle si variée y faisait absolument défaut, et nul oiseau et nul mammifère ne les animaient de leur présence. Les seuls phanérogames existant alors étaient les deux classes les plus inférieures, les conifères et les cycadées gymnospermiques, dont les fleurs rudimentaires et presque imperceptibles méritent à peine ce nom.

C'est la classe des vraies fougères, au sens strict du mot, classe des fougères foliacées ou fougères à frondes (*Filices*, *Phyllopterides*, *Pteridæ*) qui semble être sortie la première des hépatiques.

Dans la flore actuelle de nos zones tempérées, cette classe ne joue qu'un rôle effacé; elle n'y est guère représentée que par des fougères inférieures et sans tiges. Mais, dans les zones chaudes, surtout dans les forêts tropicales humides et baignées de vapeur aqueuse, végètent encore aujourd'hui des fougères arborescentes, palmiformes, à la tige élancée. Ces belles fougères arborescentes de notre époque, qui sont les ornements de nos serres, ne peuvent nous donner qu'une faible idée des magnifiques, des imposantes fougères foliacées de l'âge primaire, qui formaient à elles seules d'épaisses forêts. Nous trouvons les tiges énormes de ces dernières accumulées dans les dépôts houillers de la période carbonifère, et en même temps les empreintes bien conservées des frondes, qui couronnaient leurs cimes découpées d'un élégant parasol. La disposition simple ou complexe de leurs frondes, la distribution des nervures, des faisceaux vasculaires dans leurs feuilles délicates, tout cela est aussi nettement visible sur les empreintes des frondes de fougères paléolithiques que sur celles de nos fougères actuelles. On y reconnaît même souvent les amas de spores disséminés sur la surface inférieure de la fronde. Aussitôt après la période carbonifère, les fougères foliacées déchurent de leur prééminence, et, dès la fin de l'époque jurassique, elles jouèrent un rôle aussi secondaire que de nos jours.

Il semble que des fougères foliacées ou ptéridées se soient développées comme trois branches divergentes, les calamariées, les ophioglossées et les rhizocarpiées. De ces trois classes, celle des fougères à tiges cannelées (*calamariae*, *calamophyta*) est celle qui est restée sur l'échelon le plus inférieur. Les calamariées comprennent trois ordres distincts, dont un seul existe de nos jours, celui des calamariées à chaume, à tiges creuses (Équisétacées). Les deux autres, celui des calamités et celui des astérophyllitées, sont depuis longtemps éteints. Toutes les calamariées sont caractérisées par une tige creuse divisée en articles; les branches et les feuilles, quand il y en a, sont disposées en verticilles autour de la tige. Les articles de la tige sont séparés les uns des autres par des cloisons horizontales. Chez les équisétacées et les calamités, la surface de la tige est parcourue par des côtes parallèles longitudinales, comme celles d'une colonne cannelée, et la couche épidermique de cette tige contient une telle quantité de silice, qu'on peut s'en servir pour polir le bois. Chez les astérophyllitées, les feuilles, disposées en étoiles verticillées, étaient plus dévelop-

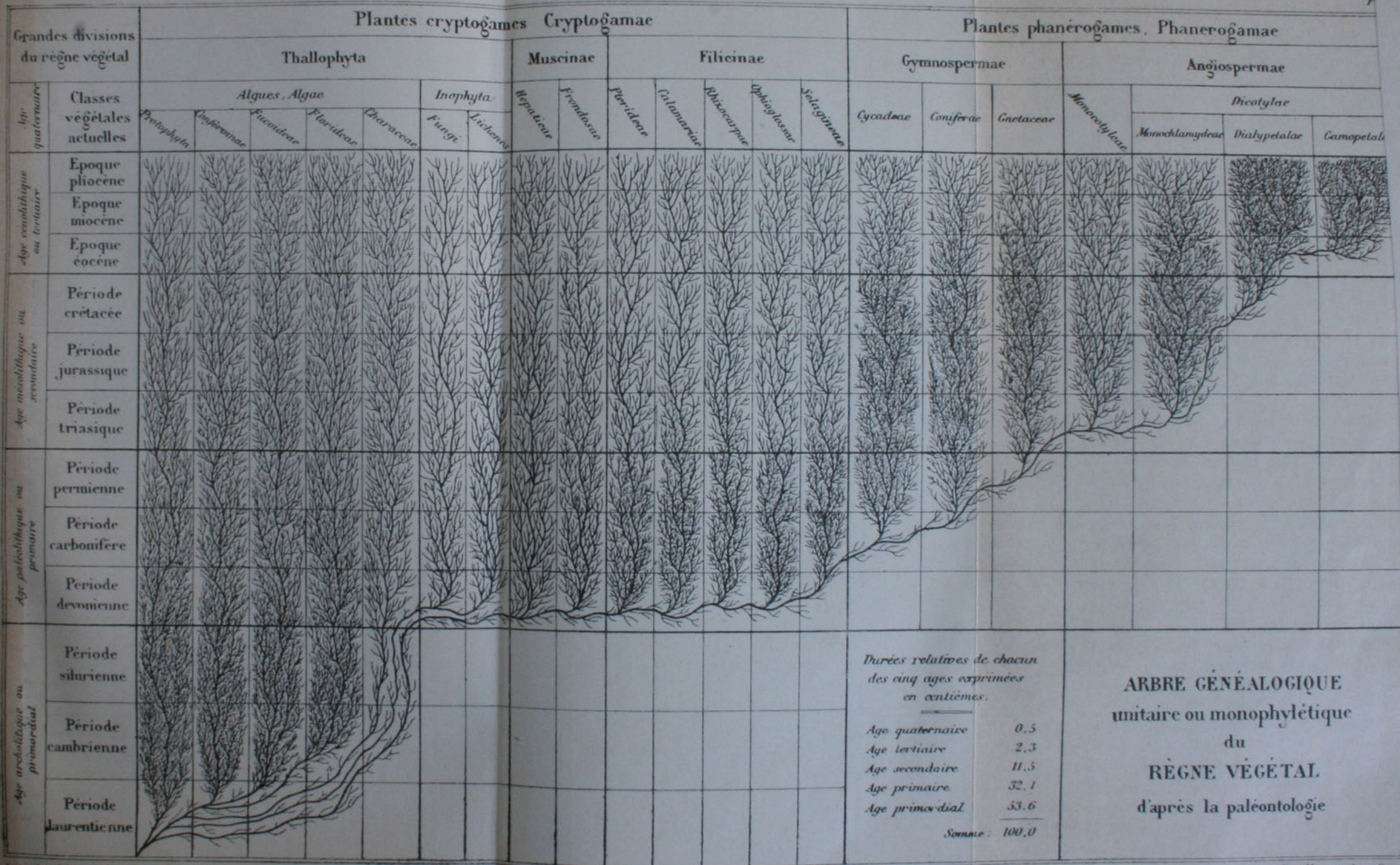
pées que chez les calamariées des deux autres ordres. Les équisétacées, qui, durant les âges primaire et secondaire, étaient représentées par les grandes espèces arborescentes du genre *Equisetites*, ne comprennent plus de nos jours que les petites équisétacées de nos marais et de nos tourbières. Pendant les âges primaire et secondaire, vivait aussi un ordre très voisin de celui des équisétacées, l'ordre des calamitées, dont la tige robuste atteignait jusqu'à cinquante pieds de longueur. Quant à l'ordre des astérophyllitées, il comprenait de petites plantes élégantes d'une forme toute particulière, et sa durée est limitée à celle de l'âge primaire.

La troisième classe des fougères, celle des fougères aquatiques (*Rhizocarpeæ* ou *Hydropteridæ*), est celle dont l'histoire nous est le moins connue. Ce sont des fougères vivant dans l'eau douce et se rattachant par leur structure, d'une part, aux fougères foliacées, d'autre part aux fougères à écailles ou lépidophytes. A cette classe appartiennent les *Salvinia*, *Marsilea*, *Pilularia* de nos eaux douces, et, en outre, la grande *Azolla* flottante des étangs tropicaux. Les fougères aquatiques sont pour la plupart d'une texture délicate et par conséquent peu propres à la fossilisation. C'est pour cela sans doute que leurs débris fossiles sont si rares, et que les terrains anciens que nous connaissons ont été trouvés dans les terrains jurassiques. Mais la classe est très probablement bien plus ancienne; elle a dû sortir des autres fougères par adaptation à la vie aquatique, durant l'âge paléolithique.

Les ophioglossées ou glossoptéridées sont parfois considérées comme une classe distincte de fougères. Depuis longtemps ces fougères, auxquelles appartiennent nos genres *Ophioglossum* et *Botrychium*, ont été regardées comme une petite sous-division des fougères foliacées. Mais elles méritent d'être élevées au rang de classe distincte, car elles constituent une forme intermédiaire, importante, phylogénétique, qui prend place entre les ptéridées et les lépidophytes, et par conséquent ces végétaux peuvent se ranger parmi les ancêtres directs des phanérogames.

Les fougères écailleuses (*Lepidophyta* ou *Selagines*) forment la dernière classe des fougères. Les lépidophytes sont descendues des ophioglossées, comme celles-ci étaient descendues des fougères foliacées. Les lépidophytes atteignent un degré de développement au-dessous duquel sont restées toutes les autres fougères; elles servent déjà de transition pour arriver aux pha-

nérogames, qui en sont directement sorties : elles concouraient avec les fougères à frondes à la composition des forêts de fougères paléolithiques. Comme la classe des calamariées, cette classe comprend aussi trois ordres très voisins, mais se diversifiant pourtant les uns des autres de maintes manières. De ces trois ordres, un seul existe encore ; les deux autres étaient déjà éteints à la fin de la période carbonifère. Les fougères écailleuses contemporaines appartiennent à l'ordre des lycopodiées. Ce sont ordinairement de petites plantes élégantes analogues aux mousses ; leur tige, délicate et ramifiée, rampe sur le sol en décrivant de nombreuses sinuosités ; elle est revêtue de folioles serrées, imbriquées comme des écailles. Tout le monde connaît les tiges flexibles des lycopodes de nos bois, celles que les voyageurs alpestres enroulent autour de leurs chapeaux. Il en est de même de la *Selaginella*, plus élégante encore, et qui couvre d'un épais tapis le sol de nos serres. Les plus grands lycopodes de nos jours vivent dans les îles de la Sonde, et leurs tiges, épaisses d'un demi-pied, s'élèvent à 25 pieds de hauteur. Durant les âges primaire et secondaire, des arbres appartenant à ce groupe végétal, mais encore beaucoup plus grands, étaient aussi beaucoup plus communs. Les plus anciens de ces arbres (*Lycopodites*) ont peut-être été les ancêtres des conifères. Pourtant, durant l'âge primaire, ce ne sont pas les lycopodiées qui représentent le summum du développement des fougères à écailles ; ce furent les deux ordres des lépidodendrées et les sigillariées. Ces deux ordres sont déjà représentés par quelques espèces, durant la période devonienne, mais leur plus étonnant degré de perfection et de multiplication date seulement de la période carbonifère, et ils s'éteignent déjà vers la fin de cette période ou de la période permienne. Les lépidodendrées étaient vraisemblablement plus voisines encore des lycopodiées que ne l'étaient les sigillariées. Leurs tiges imposantes, parfaitement verticales, s'élevaient d'un seul jet ; à la cime, ces tiges se divisaient en nombreux rameaux bifurqués, disposés à la manière des branches d'un lustre. Ces rameaux supportaient une puissante couronne de feuilles squameuses. La tige était sillonnée par d'élégantes lignes spirales marquant les points d'insertion, les cicatrices des feuilles tombées. On connaît les lépidodendrées de 40 à 60 pieds de longueur sur 12 ou 13 pieds de diamètre au collet de la racine. La longueur de quelques-uns de ces arbres doit même avoir dépassé 100 pieds.



Durées relatives de chacun des cinq âges exprimées en centièmes.

Age quaternaire	0,5
Age tertiaire	2,3
Age secondaire	11,5
Age primaire	32,1
Age primordial	53,6
Somme : 100,0	

ARBRE GÉNÉALOGIQUE unitaire ou monophylétique du RÈGNE VÉGÉTAL d'après la paléontologie

nér
ave
gèr
clas
siffa
troi
éte
leus
Ce
aux
décr
serre
les l
geur
mém
épai
jour
d'un
âges
végé
coup
ont
l'âge
le su
les d
ordre
pério
et de
ils s'é
permi
voisin
Leurs
seul j
bifurq
ramea
meuse
marqu
On co
12 ou t
quelq

On trouve dans la houille, en plus grand nombre encore, des tiges de sigillariées non moins longues, mais beaucoup plus grêles. En maint endroit, ces tiges constituent, pour la plus grande part, les dépôts houillers. Jadis on a décrit comme un type végétal tout spécial (*Stigmaria*) leur souche souterraine. Sous nombre de rapports, les sigillariées se rapprochent beaucoup des lépidodendrées; elles s'en écartent pourtant, ou plutôt elles s'écartent des fougères en général par leur structure anatomique. Peut-être étaient-elles proches parentes des lycoptéridées devoniennes actuellement éteintes et qui réunissaient les propriétés caractéristiques des lycopodiacées et des fougères foliacées. Strasburger a considéré ces lycoptéridées comme la souche probable des phanérogames.

Nous allons maintenant quitter les épaisses forêts de fougères de l'âge primaire, principalement constituées par les ptéridées, les lépidodendrées et les sigillariées, pour nous occuper des forêts non moins caractéristiques des conifères de l'âge secondaire. Nous passons ainsi du groupe des plantes sans fleurs ni graines, des cryptogames, au second embranchement du règne végétal, au sous-règne des végétaux ayant fleurs et graines, c'est-à-dire des phanérogames. Ce groupe aux formes si variées, qui comprend la plupart des plantes actuelles, et en particulier presque toutes nos plantes terrestres, est pourtant de date beaucoup plus récente que le groupe des cryptogames. En effet, c'est seulement dans le cours de l'âge paléolithique que les phanérogames ont pu sortir des cryptogames. Nous pouvons affirmer hardiment que, pendant toute la durée de l'âge archéolithique et pendant la première et la plus longue moitié de l'histoire organique terrestre, il n'existait absolument aucune plante phanérogame et que les plantes de ce groupe sont sorties des fougères cryptogamiques seulement durant l'âge primaire. La parenté anatomique et embryologique de ces dernières plantes avec les phanérogames est si étroite, que nous sommes autorisés à en déduire un rapport généalogique évident, une consanguinité réelle. Il est impossible que les phanérogames soient nées immédiatement des plantes thalliques ou des mousses: elles ne peuvent être issues que des fougères ou filicinées. Les lépidodendrées et sans doute les lycoptéridées, si voisines de notre *Selaginella* actuelle, ont été très vraisemblablement les ancêtres immédiats des phanérogames.

Depuis longtemps déjà on a, d'après la structure anatomique

et l'évolution embryologique, divisé le sous-règne des phanérogames en deux grands groupes, celui des gymnospermes¹ et celui des angiospermes. Les végétaux du second groupe sont mieux et plus parfaitement organisés que ceux du premier d'où ils ont dû provenir dans le cours de l'âge secondaire. Anatomiquement et embryologiquement, les gymnospermes forment un groupe de transition entre les fougères et les angiospermes.

C'est durant l'âge mésolithique ou secondaire que le plus imparfait, le plus inférieur et le plus ancien des deux principaux groupes phanérogamiques, celui des gymnospermes ou archispermées, a compté les espèces les plus variées et les représentants les plus nombreux. Il caractérise cet âge mésolithique comme le groupe des fougères et celui des angiospermes caractérisent, l'un l'âge primaire, et l'autre l'âge tertiaire. Nous pouvons donc appeler l'âge secondaire l'âge des gymnospermes ou même l'âge des conifères, d'après les types des gymnospermes qui dominaient à cette époque. Les gymnospermes se divisent en trois classes : les conifères, les cycadées et les gnétacées. Nous trouvons déjà dans la houille les débris fossiles de ces végétaux, d'où nous pouvons conclure que le passage des lépidodendrées aux gymnospermes s'est effectué dès la période carbonifère et peut-être même dès la période devonienne. Quoi qu'il en soit, les gymnospermes jouent un rôle très subordonné pendant l'âge primaire et l'emportent sur les fougères seulement au commencement de l'âge secondaire.

Des trois classes de gymnospermes, celle des fougères palmiformes ou zamiées (*Cycadææ*) est la plus inférieure ; comme son nom l'indique, elle se rattache immédiatement aux fougères, et à tel point que beaucoup de botanistes les réunissent dans leurs classifications. Par la configuration extérieure, les cycadées ressemblent autant aux palmiers qu'aux fougères arborescentes ; elles supportent une couronne de feuilles pennées, surmontant soit un tronc surbaissé, soit un stipe grêle élançé, en forme de colonne. Actuellement cette classe, autrefois si riche en espèces, n'est plus représentée que par quelques types rares (*Zamia*, *Encephalartos*, *Cycas*), habitant les zones tropicales. On rencontre des spécimens de cette classe dans nos serres chaudes, où ils sont habituellement cultivés avec les palmiers. Les zamiées fos-

1. Γυμνός, nu ; σπέρμα, semence.

siles, aujourd'hui éteintes, qui vivaient vers le milieu de l'âge secondaire, offraient une variété de formes infiniment plus grande; elles existaient alors en masses énormes, et ce sont elles qui caractérisaient les forêts de cette époque. La seconde subdivision des gymnospermes, l'ordre des conifères, a conservé jusqu'ici une plus grande variété de formes que la classe des fougères palmiformes. Encore aujourd'hui, les arbres appartenant à cet ordre, les cyprès, les genévriers, les thuyas, les ifs, les *Ginkgo*, les araucariées, les cèdres, et surtout le genre *Pinus*, avec ses espèces si diverses, les pins, les sapins, le mélèze, etc., forment presque à eux seuls de vastes forêts dans les contrées les plus diverses. Pourtant cette extension des conifères est peu de chose, si on la compare à la prédominance incontestée de cette classe durant l'âge secondaire le plus ancien, durant la période triasique. Alors de gigantesques conifères, réparties, il est vrai, dans un nombre relativement petit de genres et d'espèces, mais représentées par un nombre immense d'individus, formaient les essences forestières dominantes des forêts mésoolithiques. On peut donc, à bon droit, appeler l'âge secondaire « l'âge des conifères », quoique les cycadées l'aient emporté sur eux dès la période jurassique.

Le groupe des conifères se divisa de bonne heure en deux branches, celle des araucariées et celle des taxacées. Des araucariées proviennent la plupart des conifères. Les taxacées, au contraire, ont donné naissance à la troisième classe des gymnospermes, aux meningos ou gnétacées. Cette petite famille, qui est très intéressante, comprend seulement les trois genres, *Gnetum*, *Welwitschia*, *Ephedra*; mais elle n'en est pas moins très importante, car elle forme un groupe de transition entre les conifères et les angiospermes, spécialement entre les conifères et les dicotylées.

Des forêts de conifères de la période mésoolithique ou secondaire, nous passons aux forêts à feuilles caduques de l'époque cénoolithique ou tertiaire, et à l'étude de la sixième et dernière grande classe du règne végétal, celle des angiospermes ou métaspermes. Les premières empreintes reconnaissables des végétaux angiospermiques se trouvent dans la craie et appartiennent aux deux subdivisions des angiospermes, les monocotylédones et les dicotylédones. Le groupe tout entier est d'une date plus ancienne, et remonte probablement au trias. Nous connaissons, en effet, des

empreintes effacées et d'une détermination douteuse des terrains jurassique et triasique, que certains botanistes ont rangé dans les angiospermes, d'autres dans les gymnospermes. Il est probable que les dycotylédones dérivent des gnétacées, tandis que les monocotylédones se seraient dégagées plus tard d'une branche des dicotylédones.

La classe des monocotylées, ou monocotylédonées, ou endogènes, comprend les phanérogames, dont les graines n'ont qu'une seule feuille séminale, un seul cotylédon. Chaque enveloppe florale compte ordinairement trois folioles, et il est très vraisemblable que le végétal d'où sont issues toutes les monocotylédonées avait une fleur régulière et ternaire. Ordinairement les feuilles des monocotylédonées sont simples et parcourues par des faisceaux vasculaires ou « nervures » rectilignes. A cette classe appartiennent les familles si répandues des joncées, des graminées, des liliacées, des iridées, des orchidées, des dioscorées, et, en outre, nombre de plantes aquatiques, les lemnacées, les typhacées, les potamées, les zostères, etc., enfin les belles familles des aroïdées, des pandénées, des bananiers et des palmiers. En général, la classe des monocotylédonées, malgré la grande variété de ses types, est beaucoup plus uniformément organisée que celle des dicotylédonées, et l'histoire de son évolution offre aussi un moindre intérêt. Comme les débris fossiles des dicotylédonées sont ordinairement fort mal conservés et difficilement reconnaissables, il reste encore à décider dans laquelle des trois grandes périodes secondaires, triasique, jurassique ou calcaire, les monocotylédonées se sont séparées des dycotylédonées. Quoi qu'il en soit, elles existaient déjà durant la période crétacée, peut-être même durant la période triasique.

Au point de vue de l'évolution et de l'anatomie de ses groupes secondaires, la seconde classe des angiospermes est beaucoup plus intéressante : c'est la classe des dicotylées, dicotylédonées ou exogènes. Comme leur nom l'indique, les phanérogames de cette classe ont habituellement deux feuilles séminales ou cotylédons. Le nombre fondamental des folioles florales n'est plus de trois, comme chez la plupart des monocotylédonées, mais de quatre, cinq ou un plus grand nombre. En outre, leurs feuilles, ordinairement plus différenciées, moins simples que celles des monocotylédonées, sont parcourues par des faisceaux vasculaires, des nervures sinueuses et ramifiées. La plupart des arbres à riche

feuillage appartiennent à cette classe, et comme ces arbres, dès la période tertiaire, l'emportaient alors comme aujourd'hui sur les gymnospermes et les fougères, on peut appeler l'âge cénoolithique âge des arbres à feuillage caduc.

La plupart des dicotylédonées appartiennent aux groupes végétaux les plus élevés, les plus parfaits; néanmoins leurs types les plus inférieurs se rattachent immédiatement aux gymnospermes et sans doute aux gnétacées. Chez les dicotylédonées les plus inférieures, de même que chez les monocotylédonées, le calice et la corolle ne sont pas encore différenciés. C'est pourquoi on appelle ces plantes monochlamydées ou apétales. Sans doute, cette sous-classe doit être regardée comme la souche des angiospermes, et vraisemblablement elle existait déjà dès les périodes triasique et jurassique. Elle comprend la plupart des arbres dicotylédonés à chatons, les bouleaux, les aunes, les saules, les peupliers, les hêtres, les chênes; on y trouve aussi les urticées, le chanvre, le houblon, le figuier, le mûrier, l'ormeau et enfin les euphorbiacées, les laurinéés, les amarantacées, etc.

C'est seulement plus tard, durant la période crétacée, qu'apparaît la seconde sous-classe des dicotylées, qui est aussi la plus parfaite, c'est-à-dire le groupe des plantes à corolle, dichlamydées ou pétalées. A son tour, cette seconde sous-classe se divise en deux grandes sections ou légions, dont chacune contient un grand nombre d'ordres, de familles, de genres et d'espèces. La première section est celle des plantes à fleurs en étoile ou dialypétalées, la seconde est celle des plantes à fleurs campanuliformes ou gamopétales.

La plus inférieure, la plus imparfaite des deux sections des plantes à corolle, est celle des polypétales ou dialypétales. A cette section appartiennent des familles très riches en espèces: les ombellifères, les crucifères, les renonculacées, les crassulacées, les nymphéacées, les cistinées, les malvacées, les géraniacées et bien d'autres encore, notamment la grande famille des rosacées, qui comprend, outre les roses, la plupart de nos arbres fruitiers, et celles des papilionacées (vesces, haricots, trèfle, genêt, acacias, mimosas). Chez toutes ces dialypétales, les folioles des organes floraux sont nettement séparées et ne se soudent jamais entre elles, comme chez les gamopétales. Ces dernières sont issues des dialypétales dans l'âge tertiaire seulement, tandis que les dialypétales apparaissent dès la période crétacée en même temps que les monochlamydées.

La seconde division des végétaux à corolle, la section des gamopétales, monopétales, sympétales, forme le groupe le plus élevé, le plus parfait du règne végétal. Ici les pétales, habituellement séparés chez les autres phanérogames, se soudent en une corolle plus ou moins campaniforme, cratériforme ou tubuliforme. A ce groupe appartiennent, entre autres, les campanules, les liserons, les primevères, les bruyères, les gentianes, les chèvrefeuilles, auxquels il faut ajouter la famille des oléinées (oliviers, troëne, lilas, frêne), et enfin, sans parler de beaucoup d'autres familles, celles des labiées et des composées, qui sont si largement représentées. C'est dans cette dernière famille que la différenciation et le perfectionnement des phanérogames atteignent leur plus haut degré; aussi devons-nous regarder les plantes de cette famille comme les plus parfaites de toutes, et les placer au sommet du règne végétal. C'est pour cette raison que la section des gamopétales apparaît, après tous les grands groupes du règne végétal, dans l'ordre d'évolution des organismes; on ne la rencontre pas avant l'âge céolithique ou tertiaire. Encore les gamopétales sont-elles très rares au commencement de l'âge tertiaire, elles s'accroissent lentement en nombre dans l'âge tertiaire moyen, et atteignent leur plein et entier développement seulement dans les époques pliocène et quaternaire.

Parvenus maintenant à la période contemporaine, embrassons encore une fois d'un coup d'œil d'ensemble l'évolution tout entière du règne végétal. Il est impossible de ne pas y voir une grandiose confirmation de la théorie généalogique. Une fois les groupes végétaux, grands et petits, classés suivant la méthode naturelle, on voit se manifester avec la dernière évidence les deux grandes lois de différenciation et de perfectionnement, qui, nous l'avons démontré, résultent nécessairement de la sélection dans la lutte pour l'existence. Durant chaque période grande et petite de l'histoire organique de la terre, le règne végétal gagne en diversité et en perfection, comme le montre évidemment un simple regard jeté sur la planche V. Pendant tout l'âge primordial, dont la durée est si longue, la classe la plus inférieure, la plus rudimentaire, du règne végétal, celle des algues, existe seule. Durant l'âge primaire, on voit apparaître, à côté des algues, des cryptogames, dont l'organisation est plus élevée, plus complexe, surtout dans le groupe des fougères. Dès la période carbonifère, les phanérogames naissent des végétaux précités; cependant ils

ne sont d'abord représentés que par le grand groupe des gymnospermes. C'est seulement à l'âge secondaire que les angiospermes se dégagent des gymnospermes; mais ce sont les groupes gymnospermiques les plus inférieurs, les groupes sans corolle, les monocotylées et les apétales qui se montrent les premiers. C'est seulement pendant la période crétacée que les plantes à corolle naissent des précédentes. Mais ce groupe suprême n'est lui-même représenté d'abord que par les diapétales, et c'est tout à la fin de l'âge tertiaire que les gamopétales, les plus parfaites des plantes, sont issues des diapétales. Concluons donc qu'à chaque nouvelle période de l'histoire organique de la terre, le règne végétal s'est graduellement élevé à un plus haut degré de perfection et de variété.

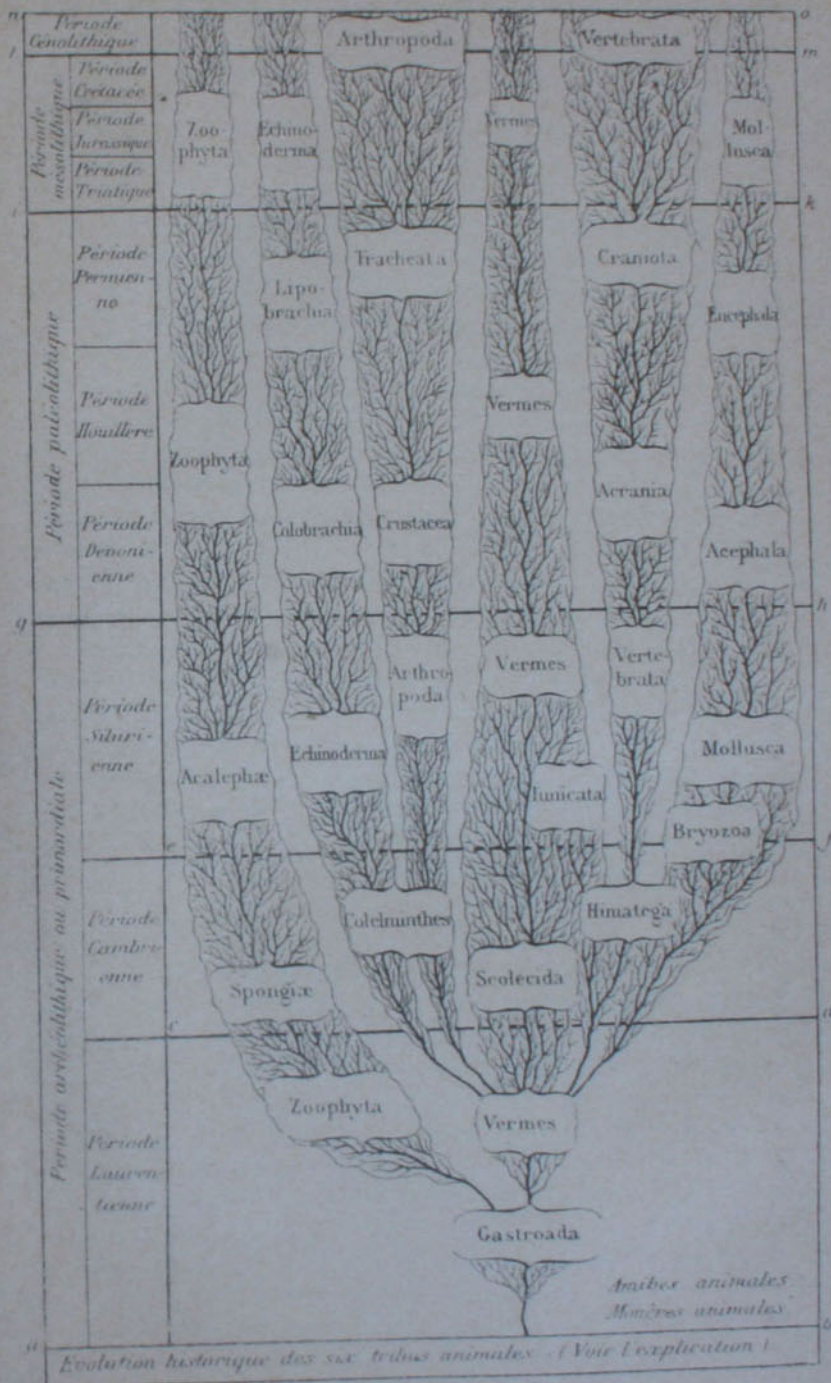
DIX-HUITIÈME LEÇON

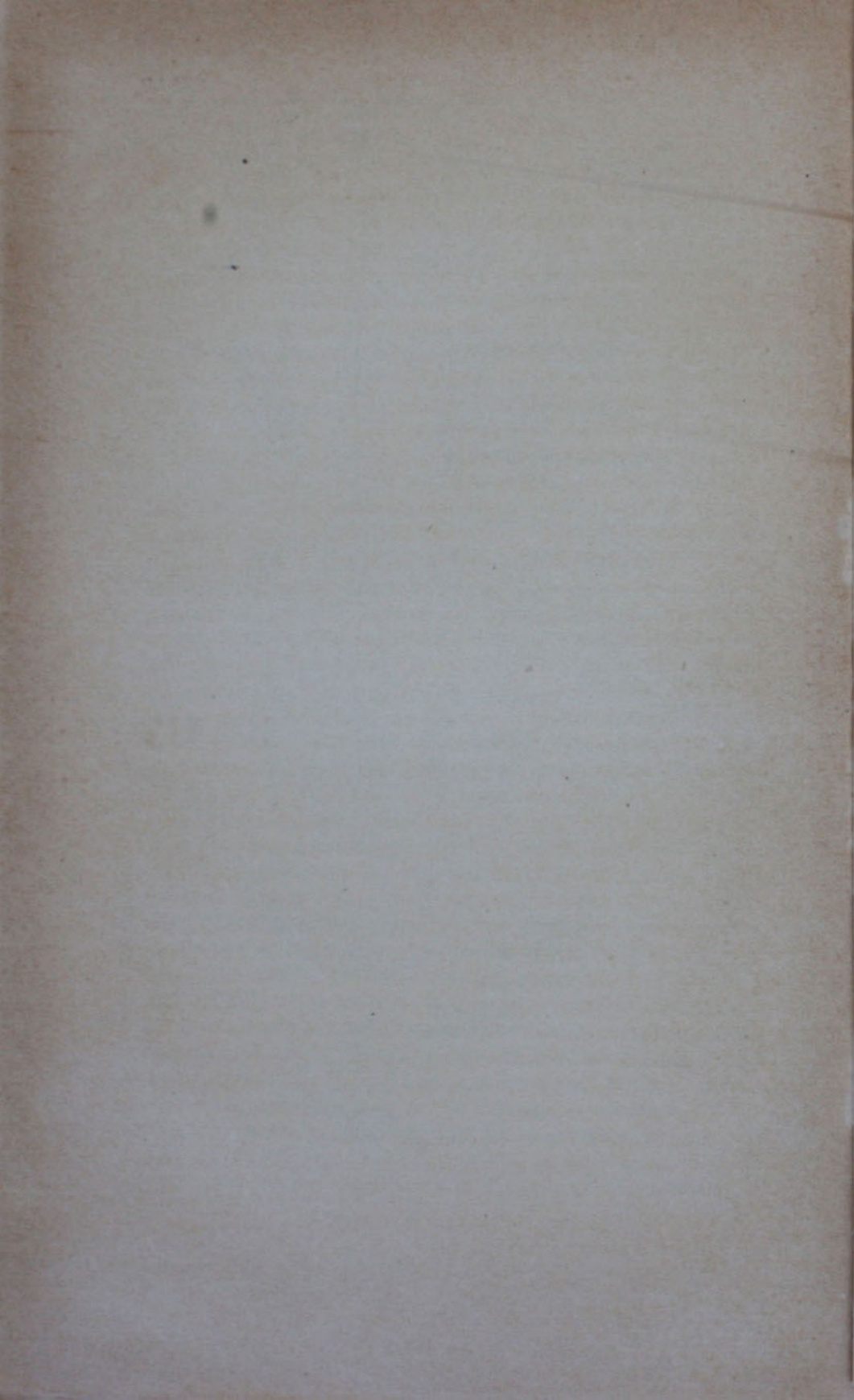
Arbre généalogique et histoire du règne animal.

I. — ANIMAUX PRIMAIRES, ZOOPHYTES, VERS

Classification naturelle du règne animal. — Classification de Linné et de Lamarck. — Les quatre types de Baer et de Cuvier. — On en porte le nombre à sept. — Généalogie des sept types considérés comme souche du règne animal. — Les cinq premiers stades embryonnaires et les cinq formes ancestrales correspondantes : monères, amibes, morula, blastea, gastrula. — Théorie généalogique monophylétique et polyphylétique du règne animal. — Les zoophytes et les vers descendent de la gastrula. — Cœlentérés et types bilatéraux. — Les quatre types animaux supérieurs descendent des vers. — Division des six tribus animales en vingt grands groupes et quarante classes. — Tribu des zoophytes. — Gastréades (gastra et gastrula). — Éponges (éponges muqueuses, éponges filamenteuses). — Animaux urticants ou acalèphes (polypes, coraux, méduses, cténophores). — Tribus des vers ou helminthes. — Types uniaxillaire et bilatéral. — Système nerveux. — Vers primitifs. — Plathelminthes. — Nemathelminthes. — Bryozoaires. — Rotatoires. — Géphyrés. — Tuniciers.

Messieurs, la classification naturelle des êtres organisés, qui doit nous servir de guide dans nos recherches sur la généalogie organique dans les deux règnes, est de date récente. Cette classification est une conséquence des progrès accomplis à notre époque en anatomie comparée et en ontogénie. Au siècle dernier, les essais de taxinomie suivaient, tous, les errements du système artificiel inauguré par Ch. Linné. Dans ce système de classification, on ne cherche pas à établir des catégories d'après la parenté morphologique, qui résulte de la consanguinité, on se borne seulement à classer les êtres d'après des caractères isolés, le plus souvent purement extérieurs et saisissables au premier coup d'œil. C'est ainsi que Linné établit ses 24 classes du règne végétal uniquement d'après le nombre, la forme et la disposition des étamines. De même, il distingua dans le règne animal six classes,





en s'appuyant essentiellement sur la conformation du cœur et la couleur du sang. Ces six classes étaient : 1° les mammifères; 2° les oiseaux; 3° les amphibiens; 4° les poissons; 5° les insectes; 6° les vers.

Ces six classes de Linné sont loin d'avoir toutes la même valeur, et, vers la fin du siècle dernier, Lamarck réalisa un progrès important en réunissant les quatre premières classes, pour en faire l'embranchement des vertébrés, auquel il opposa l'embranchement des invertébrés comprenant tous les autres animaux, savoir : les insectes et les vers de Linné. Lamarck remontait ainsi aux idées du père de l'histoire naturelle, Aristote qui, déjà, distinguait ces deux grands groupes, en les appelant animaux pourvus de sang et animaux privés de sang.

Après Lamarck, le premier grand progrès accompli en taxinomie animale remonte à quelques dizaines d'années et est dû à deux zoologistes éminents, Carl-Ernst Baer et Georges Cuvier. Comme nous l'avons déjà dit, ces deux savants émirent presque en même temps, et sans s'être concertés, l'opinion qu'il fallait distinguer dans le règne animal divers groupes principaux répondant chacun à un plan de structure particulier, à un type. En outre, dans chacune de ces grandes divisions, il y avait gradation, ramification des formes les plus simples, les plus imparfaites, jusqu'aux formes les plus complexes et les plus parfaites. Dans les limites de chaque type, le degré de perfection est indépendant du plan spécial de structure, qui caractérise le type. Ce qui détermine le type, c'est le mode spécial de distribution des principales parties du corps, ce sont les rapports des organes entre eux. Au contraire, leur degré de perfection dépend du degré plus ou moins grand de division du travail, de différenciation des plastides et des organes. Ces idées si importantes et si fécondes, Baer les exposa avec bien plus de clarté et de profondeur que Cuvier; car il s'appuyait sur l'embryologie, tandis que son émule se bornait aux résultats de l'anatomie comparée. Mais ni l'un ni l'autre ne sut discerner la véritable raison de ces rapports, le lien de ces faits. Cette intuition était réservée à la théorie généalogique. Par elle nous apprenons que le type général ou plan de structure dépend de l'hérédité, tandis que le degré de perfection ou de différenciation résulte de l'adaptation. (*Morph. gén.*, II, 10.)

Baer et Cuvier distinguaient dans le règne animal quatre types ou plans de structure distincts, et, par suite, ils divisaient l'en-

semble du règne en quatre grandes divisions principales (embranchements ou provinces). Le premier embranchement est celui des vertébrés (*Vertebrata*); il comprend les quatre premières classes de Linné, savoir : les mammifères, les oiseaux, les amphibiens et les poissons. Le deuxième type était représenté par les articulés (*Articulata*); il embrasse les insectes de Linné, savoir : les insectes proprement dits, les myriapodes, les araignées, les crustacés et une grande partie des vers, spécialement les vers annelés. La troisième grande division est celle des mollusques (*Mollusca*), comprenant les poulpes, les limaçons, les coquillages, etc., et quelques groupes voisins. Enfin la quatrième et dernière province du règne animal comprend tous les radiés (*Radiata*), qui, à première vue, se distinguent des trois types précédents par la disposition radiaire ou corolliforme de leurs organes. En effet, tandis que, chez les mollusques, les articulés et les vertébrés, le corps est composé de deux moitiés latérales symétriquement pareilles, de deux pendants ou antérieures dont l'un est le reflet de l'autre, chez les rayonnés, au contraire, le corps est ordinairement constitué par des parties symétriques, mais au nombre de plus de deux. On en compte d'habitude quatre, cinq ou six, groupés autour d'un axe commun comme les pétales d'une fleur. Quelque frappante que cette différence paraisse au premier abord, elle n'est pourtant que secondaire, et la forme rayonnée n'a pas chez tous les animaux dits « radiés » l'importance qu'on lui attribue.

En établissant ces groupes naturels, ces types, ces embranchements du règne animal, Baer et Cuvier réalisèrent le plus grand progrès taxinomique qui ait été accompli depuis Linné. Les trois groupes des vertébrés, des articulés, des mollusques sont si naturels, qu'on les a conservés à peu près intégralement jusqu'à nos jours. Au contraire, le groupe artificiel des radiés devait se démembrer sous l'influence de connaissances plus précises. En 1848, Leuckart commença par démontrer que, sous ce prétendu type unique, s'en cachaient deux autres essentiels : premièrement, celui des rayonnés (*Echinoderma*), étoiles de mer, crinoïdes, échinides, holothuries; deuxièmement, les zoophytes (*Cœlenterata* ou *Zoophyta*), éponges, polypes, coraux, méduses, béroé, etc. Pendant ce temps, Siebold (1845), réunissant les infusoires et les rhizopodes, constituait une grande division du règne animal sous le nom d'animaux primaires (*Protozoa*). Le nombre des types, des

provinces du règne animal, était ainsi porté à six; mais bientôt il s'éleva à sept. En effet, la plupart des zoologistes modernes subdivisèrent le grand groupe des articulés en deux catégories, mettant, d'une part, les articulés pourvus de pieds divisés en segments (*Arthropoda*), et, d'autre part, les vers apodes ou sans pieds articulés (*Vermes*). La première division correspond aux insectes, comme les entendait Linné, c'est-à-dire aux vrais insectes, aux myriapodes, aux arachnides, aux crustacés. La seconde comprend seulement les vrais vers (annélides, plathelminthes, némathelminthes) et ne répond donc en aucune façon aux vers de Linné, qui comprenait dans cette classe les mollusques, les rayonnés et quantité d'autres animaux inférieurs.

D'après la manière de voir des zoologistes modernes, qui est exposée dans la plupart de nos manuels de zoologie, le règne animal se compose de sept grandes divisions tout à fait distinctes l'une de l'autre, ou de sept types, dont chacun est caractérisé par un plan de structure tout à fait spécial. Dans la classification naturelle que je vais vous exposer, en la considérant comme l'arbre généalogique probable du règne animal, j'accepte, dans sa généralité, la division usuelle, en lui faisant cependant subir quelques modifications très importantes, selon moi, pour la généalogie et que nécessite notre manière de comprendre l'évolution morphologique des animaux.

Les animaux dits *protozoaires* (*Protozoa*), les infusoires, rhizopodes, ne constituent pas un « type » véritable. En général, ce ne sont pas de vrais animaux; c'est au règne neutre des protistes qu'ils se rattachent. Par là, je n'entends nullement nier leur parenté avec les règnes animal et végétal. J'affirme même que les vrais animaux pluricellulaires et les vraies plantes pluricellulaires descendent primitivement de protistes unicellulaires.

L'anatomie comparée et l'ontogénie éclairent d'une vive lumière l'arbre généalogique du règne animal aussi bien que celui du règne végétal. En outre, la paléontologie nous donne les renseignements les plus précieux sur la succession historique des groupes naturels. Nombre de faits d'anatomie comparée et d'ontogénie nous autorisent à admettre l'origine commune de tous les animaux dits typiques. Malgré la diversité des formes dans les limites d'un seul et même type, les éléments essentiels de la structure intime, la distribution générale des diverses parties du corps, caractères fondamentaux de type, ne changent pas. En

présence d'une telle constance, d'une si étroite parenté morphologique, force a été de classer tous ces êtres dans un seul et même groupe naturel. Mais il s'ensuit nécessairement que les mêmes assimilations doivent se faire dans l'arbre généalogique du règne animal tout entier. En effet, la consanguinité seule peut être la cause réelle de cette parenté morphologique. Nous avons donc le droit de formuler une proposition bien importante, savoir que tous les animaux appartenant à un même grand groupe, à un même type, descendent d'une même souche originelle. En d'autres termes, l'idée de provinces, de types zoologiques, telle qu'elle est admise en zoologie depuis Baer et Cuvier pour les grandes divisions, les sous-règnes du règne animal, se confond avec l'idée de tribu, de *phylum*, appliquée par la théorie généalogique à tous les organismes indubitablement consanguins et issus d'une souche commune.

Une fois les protozoaires exclus du règne animal et placés dans le règne des protistes, il reste encore six prétendus types que nous considérons comme des tribus ou phyles; mais alors un deuxième problème phylogénétique se pose devant nous. D'où proviennent ces six tribus zoologiques? Chacune des sept formes primordiales a-t-elle eu une origine isolée? Ou bien y aurait-il entre elles un degré éloigné de consanguinité?

De prime abord, on est tenté de croire à une origine multiple et d'admettre, au moins pour chacune des grandes tribus zoologiques, une souche absolument indépendante. Mais un examen plus approfondi de ce problème difficile aboutit, en définitive, à faire préférer la doctrine monophylétique, suivant laquelle ces six types principaux eux-mêmes se confondraient à leur origine et descendraient tous d'une forme primordiale commune. Dans le règne animal, aussi bien que dans le règne végétal, une étude minutieuse, attentive fait pencher la balance en faveur de la généalogie monophylétique.

C'est principalement l'ontogénie comparée, qui prouve l'origine unitaire de tout le règne animal, les protistes exceptés. Il n'est point de zoologiste, qui ayant soigneusement étudié l'embryologie comparée des grandes tribus zoologiques, et ayant bien compris l'importance du principe biogénétique, ne soit amené à penser que même les six grands groupes zoologiques ont une origine commune et que tous les animaux, y compris l'homme, proviennent d'une même souche. De ces faits d'ontogénèse découle,

Hypothèse phylogénétique que j'ai exposée en détail dans ma *Philosophie des spongiaires calcaires*, dans ma *Théorie de la gastrée* (45) et dans mon *Anthropogénie* (56). On trouvera dans la « Monographie des spongiaires calcaires » (50) (vol. I, p. 464, 465, etc.) la théorie des feuillets germinatifs et l'arbre généalogique du règne animal.

Dans le règne animal, comme dans le règne végétal et dans celui des protistes, le premier degré de la vie organique est représenté par de simples monères nées par génération spontanée. Aujourd'hui encore un fait nous atteste l'existence de cette forme organisée, la plus simple qu'on puisse imaginer : c'est la disparition du noyau dans la cellule ovulaire tantôt avant, tantôt après la fécondation. Par suite de cette disparition l'ovule n'est plus qu'une cytode sans noyau ; il ressemble à une monère. Conformément à la loi d'hérédité latente, je vois dans ce fait un retour phylogénétique de la forme cellulaire à la cytode primitive. Cet œuf-cytode sans noyau, auquel nous pouvons donner le nom de *Monerula*, reproduit, conformément à la loi biogénétique fondamentale, la plus ancienne de toutes les formes animales, le type organique, souche première du règne animal, la monère.

La seconde phase ontogénétique consiste en ce qu'un nouveau noyau se forme dans la *Monerula*, et alors l'œuf-cytode regagne son rang de vraie cellule. Cette cellule est la *cytula*, la « première sphère de sillonnement ». Il nous faut donc considérer aussi, comme deuxième forme phylogénétique et ancestrale du règne animal, la cellule simple à noyau ou l'animal primitif monocellulaire, dont les amibes actuelles nous présentent encore des spécimens. Les amibes primitives, les amibes phylétiques, qui, en s'aidant de leurs appendices protéiformes, rampaient en tournant au fond des mers Laurentiennes, se nourrissaient et se reproduisaient exactement comme les amibes de notre époque ; elles n'étaient aussi que des cellules nues, ne se différenciant en rien des cellules ovulaires de beaucoup d'animaux inférieurs (éponges, amibes, etc.). Un fait capital démontre qu'il a existé un organisme primitif, semblable à une amibe, et d'où le règne animal tout entier est provenu ; c'est que, de l'éponge et du ver à la fourmi et à l'homme, tous les animaux ont pour œuf une cellule simple.

L'état monocellulaire sert de base au troisième degré de développement, à l'état pluricellulaire aussi simple que possible,

c'est-à-dire à une collection, à une association de cellules simples et homogènes. Aujourd'hui encore l'évolution ontogénétique de chaque animal procède par une segmentation répétée, d'où résulte d'abord un amas sphérique de cellules nues, homogènes et transparentes. Comme cet amas cellulaire ressemble à une mûre, je l'ai appelé le stade mûriforme (*Morula*). Dans tous les groupes du règne animal, ce corps mûriforme se reproduit dans sa simplicité primitive, et les lois biogénétiques fondamentales nous autorisent à conclure de là, avec toute la certitude possible, que les plus anciennes formes pluricellulaires du règne animal ont ressemblé à cette *Morula*. Cette association primitive d'amibes, de cellules animales extrêmement simples que la *Morula* nous représente d'une manière fugitive, nous l'appellerons *Moræa*, ou *Synamœba*, ou synamibe.

Dès le commencement de la période Laurentienne, un quatrième type morphologique sortit de la synamibe. Nous appellerons ce type *Planæa* ou *Blastæa*, à cause de sa forme en vésicule creuse. Pour former la planæa, les cellules de la synamibe refoulées à la surface par un liquide accumulé au centre de l'amas cellulaire se sont allongées en cils vibratiles, elles sont devenues des cellules ciliées, et par là elles se sont séparées, différenciées des cellules internes non modifiées. La synamibe était constituée par des cellules nues, vibratiles et homogènes; grâce aux mouvements amiboïdes de ces cellules, elle glissait en rampant sur le fond des mers Laurentiennes. La *Planæa*, au contraire, est déjà composée d'une mince couche sphérique de cellules vraiment ciliées. Les vibrations des cils communiquent à tout l'amas polycellulaire un mouvement plus fort, plus rapide; la reptation devient natation. C'est tout à fait de cette manière qu'aujourd'hui encore, dans l'ontogénèse des animaux inférieurs appartenant aux types les plus dissemblables, la *Morula* devient une larve ciliée connue tantôt sous le nom de *Blastula* ou de *Blasto-sphæra*, tantôt sous le nom de *Planula*. Cette planula est un corps parfois sphérique parfois ovulaire ou cylindrique, qui se meut dans l'eau, en tournoyant grâce aux mouvements de ses cils vibratils. La mince paroi de la vésicule sphérique, pleine de liquide, est constituée par une seule couche de cellules ciliées, analogue au blastoderme.

De cette blastula provient d'abord, chez les animaux de tous les types, une forme animale très importante et très intéressante, à

laquelle, dans ma « Monographie des spongiaires calcaires », j'ai donné le nom de *Gastrula* (larve stomacale ou intestinale) (fig. 20, I. K). Extérieurement cette gastrula ressemble à la planula; mais elle s'en distingue par des différences essentielles; elle circonscrit une cavité communiquant avec l'extérieur par un orifice et sa paroi est composée de deux couches cellulaires. Pour former la gastrula, la blastula s'invagine en un point de sa paroi (fig. 20, H). La proportion invaginée, qui comprend la moitié de la vésicule, finit par s'appliquer sur la face interne de la moitié non invaginée d'où disparition de la cavité gastrulaire (cavité germinative). La cavité ainsi formée est le premier rudiment de l'intestin et de l'estomac, c'est le *progastrer*; son orifice est le rudiment de la bouche, c'est le *prostoma*. La paroi de cette cavité digestive, qui est en même temps celle de la gastrula tout entière, est constituée par deux couches de cellules formant les deux feuilletts germinatifs primaires: une couche externe, feuillet cutané ou exoderme, et une couche interne, feuillet intestinal ou entoderme. La forme larvée, si importante, de la gastrula se reproduit exactement dans l'ontogénèse des animaux de tous les types; chez les éponges, les méduses, les coraux, les vers, les tuniciers, les rayonnés, les mollusques, même chez les plus inférieurs des vertébrés (*Amphioxus*, pl. XII, fig. B 4, A; *Ascidia*, même planche, fig. A 4).

La larve ciliée dite gastrula est si commune dans l'ontogénèse des groupes zoologiques les plus divers, depuis les zoophytes jusqu'aux vertébrés, que la grande loi biogénétique nous autorise à en déduire l'existence durant la période Laurentienne d'un type primitif analogue ayant servi de souche commune aux six grands groupes zoologiques. Nous donnerons à cette forme primitive le nom de *Gastræa*. Cette gastræa était sphérique, ovoïde ou cylindroïde; elle circonscrait une cavité de même forme, qui était un tube digestif rudimentaire. A l'une des extrémités de son axe longitudinal s'ouvrait un orifice servant à l'introduction des aliments. Le corps de l'animal, qui était en même temps la paroi intestinale, était constitué par deux couches de cellules. L'une de ces couches était dépourvue de cils, c'était l'entoderme ou feuillet intestinal; l'autre était ciliée, c'était l'exoderme ou feuillet cutané. Grâce aux mouvements des cils de la membrane extérieure, la gastræa nageait en tourbillonnant dans les mers de la période Laurentienne. Même chez les animaux supérieurs, là où la forme primitive de la gastrula a disparu de l'ontogénèse en vertu de la

HIERARCHIE des cinq premiers stades de développement de l'organisme animal, avec la comparaison de l'évolution phylétique et de l'évolution individuelle.	ONTOGÉNÈSE des cinq premiers stades de l'évolution individuelle.	PHYLOGÉNÈSE des cinq premiers stades de l'évolution phylétique.
Premier stade évolutif. Une Cytode très simple. (Plastide sans noyau.)	1. Monerula. (Euf animal sans noyau. Le noyau ovulaire disparaît après la fé- condation. (Fig. 20. A.)	1. Monères Les plus anciens de tous les animaux. naissant par généra- tion spontanée.
Deuxième stade évolutif Une simple cellule. (Plastide à noyau.)	2. Cytula. (Euf animal pourvu d'un noyau. (1 ^{re} sphère) de segmentation.) (Fig. 20. B.)	2. Amœba ou Cystæa. Amibes animales.
Troisième stade évolutif Association, agrégat de cellules simples, homo- gènes.	3. Morula. Amas mûriforme. Amas sphérique de cellules homogènes, nées par scissiparité. (Fig. 20. E.)	3. Moræa. (Collection d'amibes) Association d'amibes homogènes.
Quatrième stade évolutif. Vesicule sphérique ou ovifor- me, pleine de liquide, dont la mince paroi est consti- tuée par une mince couche de cellules ciliées, toutes semblables entre elles.	4. Blastula. (Larve ciliée.) Larve vesiculiforme ou embryon, dont la mince paroi est constituée par une seule couche de cel- lules. (Fig. 20. F, G.)	4. Blastæa. Protozoaire vesiculi- forme, dont la mince paroi est constituée par une couche de cellules ciliées.
Cinquième stade évolutif. Corps sphérique ou ovulaire muni d'une cavité digestive simple avec orifice buccal; paroi intestinale composée de deux feuillets; un exo- derme externe, feuillet cu- tané, feuillet dermique; et un feuillet interne ou en- todermis, feuillet intestinal, feuillet gastrique.	5. Gastrula. (Larve avec intestin.) Larve pluricellulaire ayant un intestin et un orifice buccal; pa- roi intestinale compo- sée de deux feuil- lets. Rudiment em- bryonnaire des mé- tazoaires. (Fig. 20, I, K.)	5. Gastræa. Protozoaire pluricellu- laire avec intestin et bouche. Paroi in- testinale à deux feuil- lets. (Forme-souche des métazoaires). Metazoa.

Les cinq premières stades
du développement de l'organisme animal.

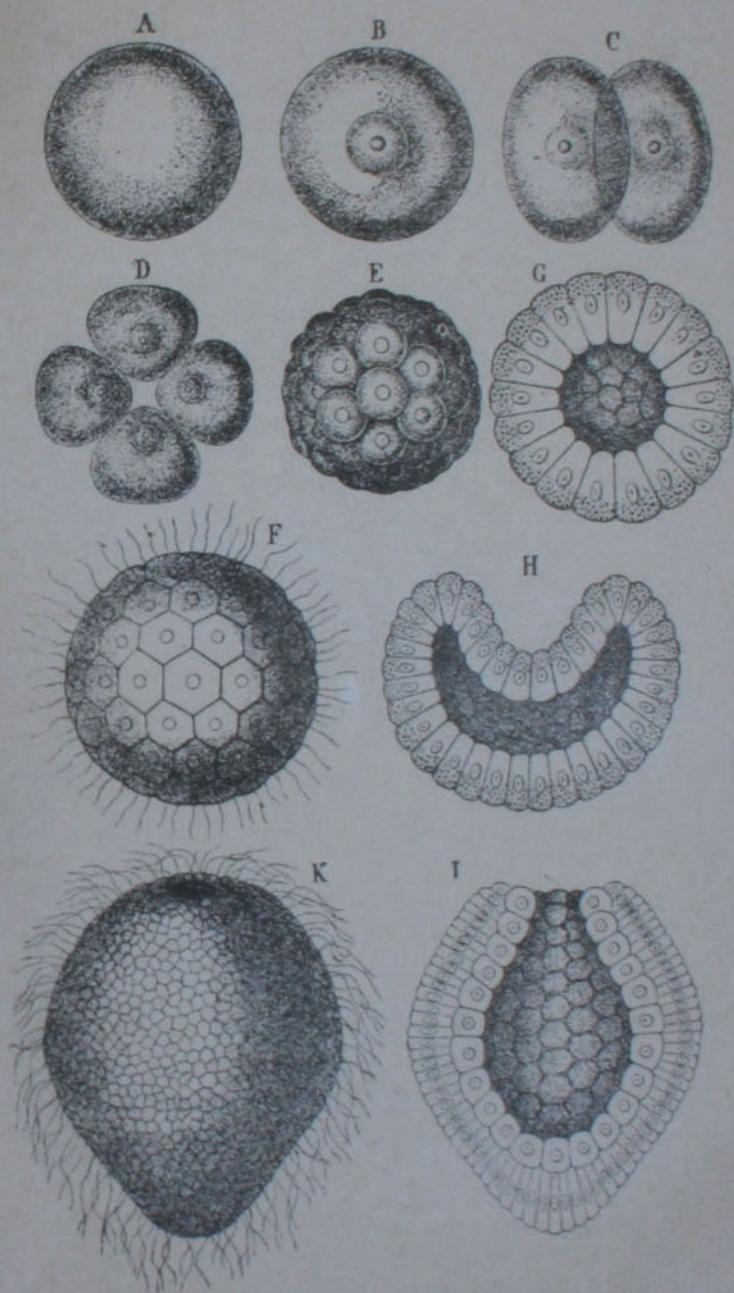


Fig. 20. — Embryologie d'un corail (*Monoxenia Darwini*). —
A. Monerula. — B. Cytula. — C, D. Division de la cellule. —
E. Morula. — F, G. Blastula. — H, I, K. Gastrula.

loi d'hérédité abrégée, la forme anatomique générale de la gastræa se décèle encore dans le type embryonnaire provenant directement de la morula. Ce type embryonnaire a la forme d'un disque elliptique, reposant sur un jaune de nutrition sphérique et composé de deux couches de cellules, de deux feuillets; la couche cellulaire externe, le feuillet animal ou dermique correspond à l'exoderme de la gastræa. De ce dernier feuillet proviendront l'épiderme avec ses glandes et ses appendices et aussi le système nerveux central. La couche cellulaire, le feuillet végétatif ou gastrique, répond d'abord à l'entoderme de la gastræa. De ce feuillet naîtront l'épithélium de l'intestin et celui des glandes intestinales. (Consulter mon *Anthropogénie*, seizième leçon.) (56).

En construisant notre hypothèse sur la provenance monophylétique du règne animal, avec l'aide de l'ontogénie, nous avons déjà noté cinq stades évolutifs primordiaux : 1° la monère; 2° l'amibe; 3° la moræa; 4° la blastæa, et 5° la gastræa. Que ces cinq formes typiques et dérivées l'une de l'autre aient dû exister jadis, durant la période Laurentienne, cela résulte directement de la grande loi biogénétique, du parallélisme et de la connexion étiologique et mécanique entre l'ontogénèse et la phylogénèse. Dans notre classification généalogique du règne animal, nous pouvons ranger dans le groupe des animaux primitifs (*Protozoa*) les quatre premiers types animaux. Ce groupe comprend aussi les infusoires et les grégaires vivantes de nos jours. Par le cinquième stade morphologique, celui de la gastræa, le règne animal s'élève dans la hiérarchie organique. A cause de la simplicité de leur structure, il nous faut placer les quatre premiers types (monères, amibes, moréadés et blastéadés) dans le règne des prolistes; au moins faut-il les y rattacher à titre d'animaux primaires (*Protozoa*). Avec le cinquième stade, celui de la gastræa, commence réellement le règne animal; l'organisation s'élève. Tous les organes proviennent des deux feuillets germinatifs.

A partir de ce point de départ commun, l'évolution des six groupes zoologiques supérieurs, qui tous descendent de la gastræa, suit une direction divergente. En d'autres termes, les *Gastréadés*, c'est-à-dire les groupes d'organismes dont la gastræa est le type primordial, évoluent suivant deux lignes divergentes; ils forment deux branches. Les animaux appartenant à l'une de ces branches zoologiques perdent la faculté de libre locomotion, se fixent sur le fond de la mer, s'adaptent à un genre de vie tout

à fait sédentaire; ils tendent à passer au type *Protascus*, c'est-à-dire à la forme-souche des zoophytes. L'autre rameau des gastréadés conserve la faculté de libre locomotion, ne se fixe point et évolue vers le type *Prothelmis*, vers la forme-souche d'où sont descendus tous les vers.

Le groupe des vers, tel que le conçoit la zoologie moderne, est d'un haut intérêt au point de vue phylogénétique. En effet, comme nous le verrons plus loin, on ne trouve pas seulement parmi les vers de nombreuses familles animales, toutes spéciales, et des classes bien tranchées, mais encore quelques types infiniment remarquables, que l'on peut regarder comme des formes intermédiaires d'où seraient sortis directement les quatre grands groupes zoologiques les plus élevés. L'anatomie comparée et l'ontogénie de ces vers nous autorisent à voir en eux les plus proches parents des types éteints, qui ont donné naissance à ces groupes supérieurs. Ces quatre groupes : mollusques, radiés, articulés et vertébrés, n'ont pas de consanguinité plus proche; ils ont poussé, comme des bourgeons isolés, sur quatre points distincts de la souche commune des vers.

Nous arrivons donc, en nous appuyant sur l'anatomie comparée et l'ontogénie, à l'arbre généalogique monophylétique ci-après représenté. Dans cet arbre, les phyles ou souches du règne animal ont une valeur généalogique très différente. C'est une division des protistes, le groupe dit des protozoaires (*Protozoa* qui est la souche originelle du règne animal tout entier. De ces protozoaires est venu le type important de la gastræa. Des gastréadés sortent, comme deux rameaux divergents, les deux groupes des zoophytes (*Zoophyta*) et des vers (*Vermes*). Des quatre sections du groupe des vers proviennent les quatre types animaux les plus élevés. D'une part, les radiés (*Echinoderma*) et les articulés (*Arthropoda*); d'autre part, les mollusques (*Molusca*) et les vertébrés (*Vertebrata*). En face des protozoaires, toujours dépourvus de feuilletts germinatifs ou blastodermiques, on peut placer tous les autres animaux ayant un intestin et deux feuilletts germinatifs primaires; nous les appellerons métazoaires (*Metozoa*). Mais la logique voudrait que l'on séparât du règne animal les protozoaires pour les placer dans le règne des protistes.

Après avoir esquissé à grands traits l'arbre généalogique du règne animal, il nous reste à décrire avec plus de détails l'évolution qui a donné naissance aux six embranchements de ce

règne, et les classes comprises dans ces embranchements. Dans le règne animal le nombre des classes est beaucoup plus considérable que dans le règne végétal, ce qui est tout naturel. En effet, l'organisme animal est l'expression d'une activité vitale beaucoup plus variée, beaucoup plus parfaite, et cette activité se diversifie et se perfectionne suivant des modes beaucoup plus nombreux. Aussi, tandis que l'ensemble du règne végétal comprend seulement six grandes divisions et dix-huit classes, nous subdiviserons les six grands groupes du règne animal en vingt divisions et quarante ou cinquante classes. Ces divisions et ces classes se répartissent entre les six grands embranchements du règne animal, comme suit :

Des six grands groupes des vrais animaux ou métazoaires, c'est le groupe des zoophytes qui s'écarte le plus du type bilatéral des autres animaux. Ces animaux-plantes sont désignés tantôt par l'ancienne dénomination de zoophytes ou phytozoaires, tantôt par le nouveau nom de cœlentérés ou cœlentériés. Les zoophytes peuvent se diviser en trois classes : les gastréadés, les spongiaires et les acalèphes (*Acalephæ* ou *Cnidariæ*). Les plus anciens zoophytes sont les gastréadés, auxquels se rattachent immédiatement les types les plus imparfaits des éponges et des acalèphes. Au contraire, les formes supérieures des zoophytes s'éloignent des gastréadés et aussi des animaux bilatéraux.

Chez ces derniers, c'est-à-dire chez tous les vrais animaux, à l'exception des zoophytes et des protozoaires, l'individu, la personnalité consiste en deux moitiés symétriques, deux antimères, se reflétant en quelque sorte l'une l'autre. Chez les zoophytes, il n'en est jamais ainsi. Le corps des acalèphes est « rayonné, radiaire » et composé d'au moins quatre paires d'antimères ; chez les éponges et les métazoaires primitifs, les antimères font généralement défaut. En outre, chez les animaux bilatéraux, à l'exception des plus inférieurs, les quatre fonctions spéciales, la nutrition, la digestion, la circulation, la respiration et la sécrétion, sont exercées par quatre systèmes organiques distincts : le système digestif, le système circulatoire, le système respiratoire et le système sécrétoire. Au contraire, chez les zoophytes, ces fonctions et leurs organes ne se sont pas encore différenciés ; tout se confond en un seul canal nutritif, le canal gastrique ou l'appareil gastro-intestinal.

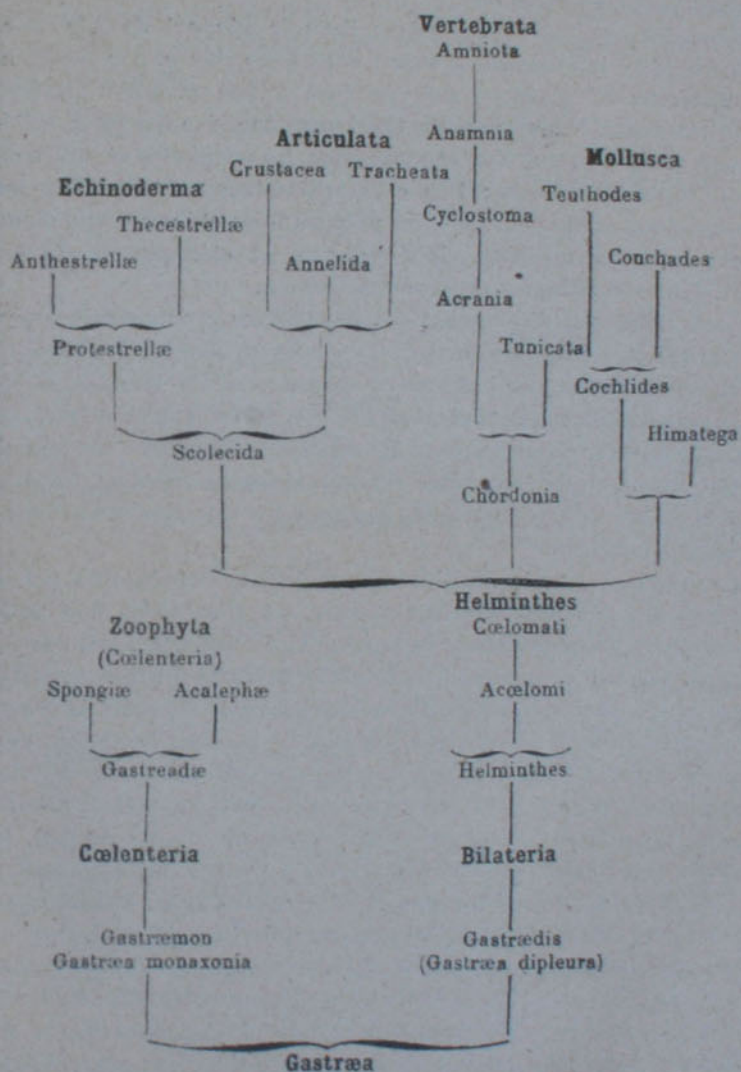
L'orifice buccal, qui est en même temps anal, conduit dans un

CLASSIFICATION

DES VINGT GRANDS GROUPES ET DES QUARANTE CLASSES DU RÈGNE ANIMAL

TRIBUS OU PHYLES DU RÈGNE ANIMAL.	GRANDS GROUPES DU RÈGNE ANIMAL.	NOMS SYSTÉMATIQUES DES CLASSES.
<p>A.</p> <p>Zoophyta (Cœlenteria).</p>	<p>I. <i>Gastreae</i></p> <p>II. <i>Spongiae</i></p> <p>III. <i>Acalephae</i></p>	<p>1. Gastreae.</p> <p>2. Spongiae.</p> <p>3. Hydrusae.</p> <p>4. Medusae.</p> <p>5. Siphonophorae.</p> <p>6. Ctenophorae.</p> <p>7. Coralla.</p>
<p>B.</p> <p>Helminthes (Vermes).</p>	<p>IV. <i>Acalomi</i></p> <p>V. <i>Scolecida</i></p> <p>VI. <i>Himatega</i></p>	<p>8. Archelminthes.</p> <p>9. Plathelminthes.</p> <p>10. Nematelminthes.</p> <p>11. Rotatoria.</p> <p>12. Cephyrea.</p> <p>13. Bryozoa.</p> <p>14. Brachiopoda.</p>
<p>C.</p> <p>Mollusca (Malscia).</p>	<p>VII. <i>Tunicata</i></p> <p>VIII. <i>Conchades</i></p> <p>IX. <i>Cochlides</i></p> <p>X. <i>Teuthodes</i></p>	<p>15. Tunicata.</p> <p>16. Acephala.</p> <p>17. Cochlides.</p> <p>18. Cephalôpoda.</p>
<p>D.</p> <p>Echinoderma (Estrellie).</p>	<p>XI. <i>Protostrella</i></p> <p>XII. <i>Anthostrella</i></p> <p>XIII. <i>Thecestrella</i></p>	<p>19. Asteria.</p> <p>20. Ophimie.</p> <p>21. Crinoida.</p> <p>22. Blastoida.</p> <p>23. Elchioida.</p> <p>24. Holothuria.</p>
<p>E.</p> <p>Articulata (Arthrozoa).</p>	<p>XIV. <i>Annelida</i></p> <p>XV. <i>Crustacea</i></p> <p>XVI. <i>Tracheata</i></p>	<p>25. Hirudinea.</p> <p>26. Chaetopoda.</p> <p>27. Carides.</p> <p>28. Aspides.</p> <p>29. Protracheata.</p> <p>30. Myriapods.</p> <p>31. Arachnida.</p> <p>32. Insecta.</p>
<p>F.</p> <p>Vertebrata (Spondylia).</p>	<p>XVII. <i>Acrania</i></p> <p>XVIII. <i>Cyclostoma</i></p> <p>XIX. <i>Anamnia</i></p> <p>XX. <i>Amniota</i></p>	<p>33. Acrania.</p> <p>34. Cyclostoma.</p> <p>35. Pisces.</p> <p>36. Dipneusta.</p> <p>37. Amphibia.</p> <p>38. Reptila.</p> <p>39. Aves.</p> <p>40. Mammalia.</p>

ARBRE GÉNÉALOGIQUE MONOPHYLÉTIQUE
DU RÈGNE ANIMAL



estomac où aboutissent toutes les cavités du corps. La grande cavité viscérale, le *coelom*, constant chez les quatre groupes d'animaux supérieurs, fait complètement défaut aux zoophytes, et il en est de même pour le système circulatoire, le sang, les organes respiratoires, les reins, etc.

Tous les zoophytes vivent dans l'eau, la plupart dans la mer. Un très petit nombre se trouvent dans l'eau douce, par exemple, la *spongilla* et quelques polypes tout à fait primitifs (*Hydra*, *Cordylophora*). Notre planche VII donne une idée des formes élégantes si variées, que l'on observe chez les zoophytes et qui souvent simulent des fleurs : il en est particulièrement ainsi chez les acalèphes, et après eux, chez les polypes fixes et les coraux, d'une part ; chez les méduses, siphonophores et cténophores, d'autre part. Tous ces animaux rivalisent de beauté.

Les *acalèphes* se distinguent des deux autres groupes principaux des zoophytes par leurs organes cutanés urticants ; les *éponges* sont caractérisées par leurs pores cutanés, tandis que les *métazoaires primitifs* ne possèdent ni les uns ni les autres de ces organes. Souvent, en outre, chez les acalèphes, la bouche est garnie d'une couronne de tentacules servant simultanément au toucher et à la préhension. Rien d'analogue chez les éponges et les métazoaires primitifs.

La première grande division des zoophytes représentée par le petit groupe des métazoaires primitifs, des *Gastréadés*, doit pour les motifs précédemment indiqués, être regardée, comme la souche originelle non seulement de tous les zoophytes, mais de tous les véritables animaux. En effet, chez tous les vrais animaux ou métazoaires, l'individu est, au début de son évolution, une vraie *gastrula*. Mais, en vertu de la loi biogénétique fondamentale, nous sommes autorisés à conclure de ce fait important, que la souche première, actuellement disparue du règne animal, la *gastræa*, était essentiellement conformée comme cette *gastrula* : le corps de cette *gastræa* devait être cyathiforme, cylindrique, allongé, formant une cavité digestive, qui s'ouvrait à l'extérieur par une bouche, et dont la paroi était constituée par deux couches cellulaires, les deux feuilletts germinatifs primaires (*fig. 20, I, K*). Cette *gastræa* hypothétique, qui devait flotter dans l'eau, ne constitue pas à elle seule le groupe des gastréadés ; nous y pouvons encore ranger quelques curieux zoophytes d'une organisation très simple, les *Cyémariés* et les *Physémariés*.

Un seul genre, le genre *Dycima* représente les *Cyémariés* ou *Dicyémidés*; il est constitué par de petits zoophytes, vivant en parasites dans les reins des céphalopodes. Comme Ed. de Beneden l'a récemment démontré, les cyémariés doivent être considérés comme une classe spéciale ou un ordre des gastréadés. Leur caractéristique est une grande cellule entoderme remplissant toute la cavité stomacale.

TABLEAU TAXINOMIQUE

DES GRANDS GROUPES ET DES CLASSES DES ZOOPHYTES

GRANDS GROUPES DES ZOOPHYTES.	CARACTÈRES DES GRANDS GROUPES	CLASSES (OU SOUS-CLASSES)	NOMS DE GENRES A TITRE D'EXEMPLE.
I. Gastreadé.	Zoophytes sans pores cutanés, sans cellules urticantes (forme fondamentale à un seul axe).	1. Gastræmones. 2. Cyemaria. 3. Protoscones. 4. Physemaria.	Gastræa. Dycyema. Protascus. Haliphysema.
II. Spongiæ ou Porifera.	Zoophytes pourvus de pores cutanés, sans organes urticants (forme fondamentale à un seul axe).	1. Myxospongiæ. 2. Calcispongiæ. 3. Ceraspongiæ. 4. Rhabdispongiæ. 5. Phloespongiæ. 6. Hyalo-spongiæ.	Archispongia. Olynthus. Euspongia. Spongilla. Geodia. Euplectella.
III. Acalèphæ ou Cnidaria.	Zoophytes sans pores cutanés, pourvus d'organes urticants (forme fondamentale rayonnée).	1. Hydruæ. 2. Medusæ. 3. Siphonophoræ. 4. Ctenophoræ. 5. Coralla.	Hydra. Aurelia. Physalia. Cydippe. Actinia.

Les *Physemariés* ressemblent à l'*Ascula*, larve fixée des éponges et des acalèphes. Comme en sortant de l'œuf, les éponges et

les acalèphes revêtent pour un temps la forme d'une vraie gastrula; d'autre part, comme les représentants inférieurs des deux grands groupes phylogénétiques correspondants se rapprochent encore beaucoup de la gastræa, on peut admettre provisoirement que ces deux grands groupes proviennent d'une même souche ancestrale, aujourd'hui éteinte. Cette souche-mère hypothétique serait le *protascus*, qui, en réalité, est simplement une gastræa fixée. Elle est vraisemblablement représentée actuellement par l'*Ascula*, forme embryonnaire, ontogénique, qui s'observe également chez les éponges et les acalèphes.

Après que la gastrula des zoophytes a tourbillonné durant un certain temps, elle tombe au fond de l'eau et s'y fixe. L'*ascula*, c'est-à-dire la forme larvée à laquelle nous donnons ce nom, est donc simplement une outre, dont la cavité gastrique ou intestinale s'ouvre à l'extrémité libre de son axe par un orifice buccal. Ici encore, comme chez la gastrula, le corps tout entier n'est guère qu'un estomac ou un intestin. La paroi de l'outre, qui est en même temps la paroi intestinale et celle de l'organisme tout entier, est composée de deux couches cellulaires, de deux feuilletts. L'entoderme, ou feuillet gastrique, est cilié et correspond au feuillet germinatif interne ou végétatif des animaux supérieurs; l'exoderme, ou feuillet dermique non cilié, répond au feuillet germinatif externe ou animal des animaux supérieurs. De quelques différences entre l'*ascula* des éponges et celles des acalèphes l'on pourrait inférer peut-être que ces deux groupes sont issus isolément de gastréadés distincts.

La gastræa mobile et l'immobile *protascus* ont tous deux été représentés, durant la période Laurentienne, par de nombreux genres et de nombreuses espèces, que nous rangeons tous dans une même classe de zoophytes, dans la classe des gastréadés. Les genres actuels *Haliphysema* et *Gastrophysema* nous représentent encore des débris peu altérés de cette classe des gastréadés, dont j'ai fait la classe des *Physémariés* (*Physemaria*). Ces physémariés sont très voisins des formes les plus simples des vraies éponges (*Spongiæ* ou *Porifera*). Ils en diffèrent seulement par l'existence de pores nombreux dans la paroi stomacale.

La grande classe des éponges (*Spongiæ* ou *Porifera*) vit dans la mer, à la seule exception de l'éponge verte des eaux douces (*Spongilla*). Longtemps ces animaux passèrent pour des plantes; plus tard on les regarda comme des protistes. Aujourd'hui encore,

dans la plupart des manuels, on les classe parmi les protozoaires. Depuis que j'ai démontré qu'ils descendaient de la *Gastrula* et que l'on trouvait chez eux les deux feuilletts germinatifs existant chez tous les animaux supérieurs, leur proche parenté avec les acéphes et spécialement avec les hydrapolytes paraît définitivement établie. L'*Olyntus*, que je regarde comme le type premier des éponges calcaires, a surtout parfaitement confirmé cette conclusion (voir la planche du titre, fig. 9).

On peut classer les types nombreux et encore mal connus de la classe des éponges en six ordres. Les myxospongiées (*Myxospongiæ*) ou éponges molles, gélatineuses, forment le premier; leur caractéristique est l'absence de squelette solide. Il faut ranger dans cette tribu d'abord les types depuis longtemps disparus et dont l'*Archispongia* nous donne une idée; nous y ajouterons, d'autre part, les éponges gélatineuses actuelles; parmi ces dernières, l'*Halisarca* nous est le mieux connue. Pour avoir le portrait de l'*Archispongia*, la plus ancienne des éponges primitives, il nous suffit de songer aux aiguilles calcaires à trois rayons de l'*Olyntus*.

La deuxième section des éponges comprend les éponges fibreuses (*Fibrospongiæ*), dont le corps mou est soutenu par un squelette solide fibreux. Souvent ce squelette fibreux consiste simplement en ce qu'on appelle « des fibres cornées », c'est-à-dire en une substance organique très élastique, très cohérente; on la trouve dans nos éponges communes (*Euspongia officinalis*), dont nous employons le squelette nettoyé pour notre toilette du matin. Chez d'autres éponges, le squelette tout entier est constitué par des aiguilles siliceuses, parfois par des grains de sable ou d'autres corps étrangers. A ces dernières formes se rattachent immédiatement les *Raphispongiées*, dont le squelette est formé en grande partie par de simples aiguilles siliceuses, et, en outre, parfois de substance cornée.

Les *Hyalospongiées* (*Hyalospongiæ* ou *Hexactinellæ*) forment un quatrième ordre. Des aiguilles siliceuses à six rayons et souvent en relations avec une extrême élégance forment leur squelette. La célèbre « corbeille de fleurs de Vénus » en est un échantillon (*Euplectella*).

Les *Palocospongiées* (*Phlocospongiæ*) sont caractérisées par des aiguilles siliceuses à trois ou quatre rayons.

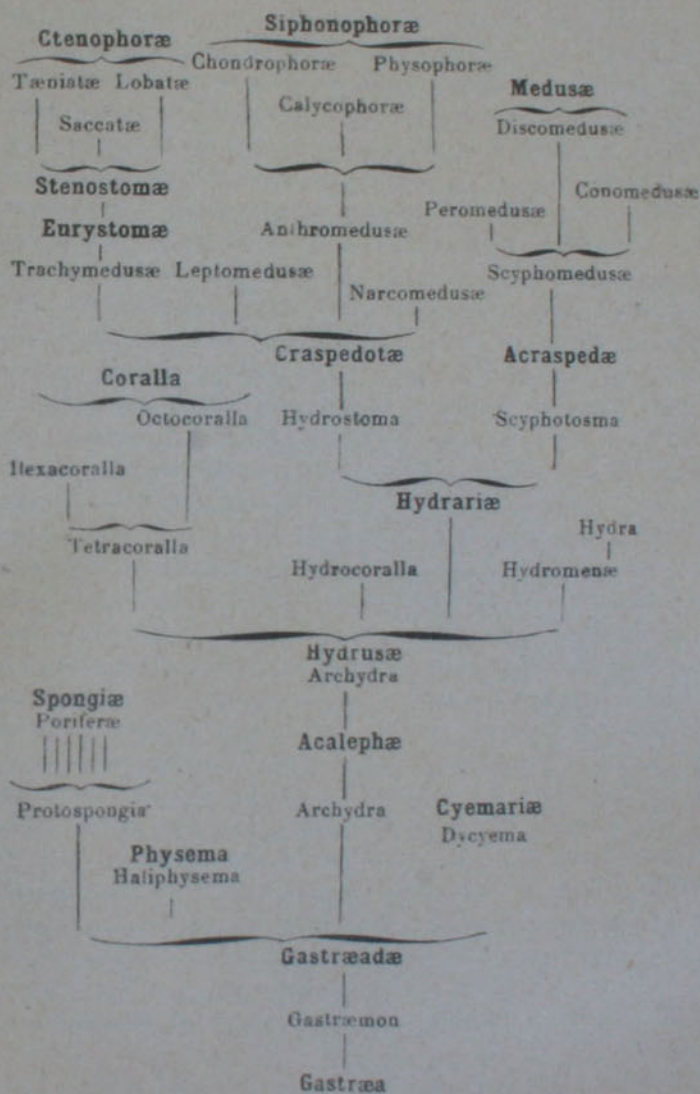
L'histoire naturelle des fibrospongiées est pour la théorie de la descendance d'un intérêt tout particulier, comme l'a démontré

CLASSIFICATION

DES CLASSES ET ORDRES DES ACALÉPHES

CLASSES.	LÉGIENS DES ACALÉPHES.	ORDRES DES ACALÉPHES.	UN GENRE A TITRE D'EXEMPLE.		
I <i>Hydras.</i>	1. Hydromenæ.	1. Hydrariæ.	Hydra.		
		2. Hydrocorallæ.	2. Sartulariæ. Plumaria.		
II <i>Medusæ.</i>	3. Craspedotæ. (Aphacellæ.)	3. Milleporidæ.	Millepora.		
		4. Stylasteridæ.	Stylaster.		
		5. Anthomedusæ.	Codonium.		
		6. Leptomedusæ.	Æquorea.		
		7. Trachymedusæ.	Aglaura.		
		8. Narcomédusæ.	Ægina.		
		9. Scyphomedusæ.	Lucernaria.		
III <i>Siphonophoræ.</i>	4. Acrospadæ, (Phacellotæ.)	10. Peromedusæ.	Periphylla.		
		11. Conomedusæ.	Charybdea.		
		12. Discomedusæ.	Aurelia.		
		5. Chondrophoræ.	13. Vecellidæ. Velella.		
		6. Physophoræ.	14. Agalmidæ. Agalma.		
IV <i>Ctenophoræ.</i>	7. Calycophoræ.	15. Rhizophysidæ.	Rhizophysa.		
		16. Hippopodiniæ.	Hippopodius.		
		17. Diphyidæ.	Diphyes.		
		8. Eurystomæ.	18. Beroidæ. Beroë.		
V <i>Anthozoa.</i>	9. Stenostomæ.	19. Saccatæ.	Cyditippe.		
		20. Lobatæ.	Eucharis.		
		21. Tæniatæ.	Cestum.		
V <i>Anthozoa.</i>	10. Tetracoralla.	22. Corallarchæ.	Protocorallium.		
		23. Rugosa.	Stauria.		
		24. Alcyonida.	Alcyonium.		
		25. Tubulosa.	Tubipora.		
		26. Gorgonida.	Eucorallium.		
		27. Pennatulida.	Pennatulida.		
		V <i>Anthozoa.</i>	11. Octacoralla.	28. Antipatharia.	Antipathes.
				29. Halirhoda.	Actinia.
				30. Perforata.	Madrepora.
		V <i>Anthozoa.</i>	12. Hexacoralla.	31. Eporosa.	Astræa.

ARBRE GÉNÉALOGIQUE DES ACALEPHES



Oscar Schmidt, celui des naturalistes contemporains qui connaît le mieux ce groupe d'animaux. On trouverait difficilement un champ plus favorable pour bien constater la flexibilité de la forme spécifique et son étroite relation avec l'adaptation héréditaire. Là tous ces phénomènes peuvent se suivre pas à pas, et nulle part ailleurs il n'est plus difficile de limiter et de définir l'espèce.

La proposition précédente s'applique à la petite, mais très intéressante tribu des éponges calcaires (*Calcispongiæ*) bien mieux encore qu'à la grande tribu des fibrospongiées. En 1872, après cinq années d'études suivies, j'ai publié une monographie complète de ces calcispongiées (30). Les soixante dessins joints à cette monographie démontrent l'extraordinaire flexibilité morphologique de ces éponges, parmi lesquelles on ne saurait distinguer ce qu'on appelle des « bonnes espèces » dans la classification usuelle. Chez ces animaux, on trouve seulement une série de formes oscillantes qui jamais ne transmettent leur type spécifique à leur postérité immédiate, mais se modifient incessamment par l'adaptation à des conditions de milieu tout à fait secondaires. Il advient même fréquemment que d'une seule et même souche sortent plusieurs espèces, qui, d'après les règles de la classification usuelle, devraient appartenir à des genres bien distincts; on peut citer, comme exemple la curieuse *Ascometra*. Chez les éponges calcaires, la forme extérieure du corps est encore beaucoup plus flexible, plus fluide en quelque sorte que chez les éponges siliceuses, dont elles se distinguent par leur élégant squelette d'aiguilles calcaires. En étudiant l'anatomie comparée et l'ontogénie des éponges calcaires, on arrive avec une grande certitude à trouver la forme, qui est la souche du groupe tout entier; c'est l'*Olynthus* sacciforme. De l'*Olynthus* est provenu l'ordre des *Ascones*, d'où sont issus, comme deux rameaux divergents, les deux autres ordres des éponges calcaires, les *Leucones* et les *Sycones*. Dans les limites de chacun de ces ordres, on peut suivre de nouveau pas à pas la généalogie de chaque forme. Sous ce rapport, les éponges calcaires confirment donc la proposition suivante que j'ai formulée ailleurs: « Toute l'histoire naturelle des éponges est une démonstration frappante et continue de la théorie darwinienne (30). »

Le troisième grand groupe des zoophytes, celui des acalèphes (*Acalephæ* ou *Cnidariæ*), comprend des formes plus nombreuses et plus variées. Nous y distinguons cinq classes: 1° les *Polypes* (*Hy-*

drusæ); 2° les *Méduses*; 3° les *Siphonophores*; 4° les *Cténophores*, et 5° les *Coraux*. La forme primitive du groupe entier semble être l'*Archydra*, type depuis longtemps disparu, mais qui a laissé derrière lui deux formes très voisines: ce sont deux polypes d'eau douce, l'*Hydra* et la *Cordylophora*. L'*Archydra* s'éloignait peu du type spongiaire le plus simple (*Archispongia* et *Olynthus*); elle en différait seulement par la présence des organes urticants et l'absence de pores cutanés. L'*Archydra* engendra d'abord les divers polypes hydroïdes, dont les uns devinrent la souche des coraux, les autres celle des hydroméduses. C'est d'un rameau de ces dernières que sont sorties plus tard les siphonophores et les cténophores.

Les acalèphes ressemblent essentiellement aux éponges par la conformation caractéristique du système des canaux digestifs; ils en diffèrent par l'absence de pores cutanés et par la présence des organes urticants. Ces organes sont de petites vésicules, ordinairement remplies de venin, distribuées en très grande quantité, parfois par millions, dans la peau des acalèphes; elles apparaissent et secrètent leur venin, quand on touche l'animal qui en est armé.

C'est d'une branche des hydroméduses qu'est vraisemblablement sortie la troisième classe des acalèphes, la section des cténophores (*Ctenophora*). Ces cténophores, dont la forme a quelque analogie avec la forme d'un concombre, ont, comme la plupart des hydroméduses, la transparence et l'éclat du cristal poli. Ces acalèphes à côtes sont remarquables surtout par leurs organes locomoteurs; ce sont huit rangs de folioles ciliées, disposées en huit rangées, allant d'une extrémité de l'axe longitudinal, de la bouche, à l'extrémité opposée. Des deux grands groupes de la section des cténophores, l'un, celui des sténostomes¹, s'est développé plus tardivement que celui des euryostomes² (pl. VII, fig. 16).

La cinquième et dernière classe des acalèphes est formée par les beaux coraux (*Coralla*). Comme les autres acalèphes, les coraux descendent des polypes ou hydruses. De même que les classes précédentes, les coraux vivent uniquement dans la mer; leur type est représenté, surtout dans les mers chaudes, par des formes aussi élégantes que variées, ressemblant à des fleurs. C'est pourquoi on leur a donné le nom d'anthozoaires (*Anthozoa*) ou animaux-

1. Στενός, étroit; στόμα, ατος, bouche.

2. Εύρος, large; στόμα, bouche.

fleurs. La plupart de ces animaux sont fixés à demeure sur le fond de la mer et ont un squelette interne calcaire. Souvent ces coraux forment, à force de se reproduire, des masses tellement considérables qu'elles servent de bases à des îles entières. On peut citer comme exemple, les célèbres récifs de coraux et les atolls de l'Océan Pacifique, dont Darwin a expliqué le premier les formes singulières (13). Les antimères, c'est-à-dire ces segments symétriques du corps disposés en rayons autour de l'axe du corps sont, chez les coraux, au nombre de quatre, six ou huit. C'est pourquoi nous distinguons, parmi les coraux, trois tribus, les tétracoraux (*Tetracoralla*), les hexacoraux (*Hexacoralla*) et les octocoraux (*Octocoralla*). Les tétracoraux sont le groupe premier, la souche d'où sont sortis, comme deux rameaux divergents, les hexacoraux et les octocoraux.

L'abîme, qui sépare les zoophytes des véritables animaux, est si profond, comme nous l'avons déjà remarqué, que nous avons cru devoir faire des vrais animaux le groupe des *bilatéraux*. Chez tous les bilatéraux, c'est-à-dire chez les vers, les mollusques, les radiés, les arthropodes et les vertébrés, le corps est primitivement constitué, comme chez l'homme, par deux moitiés symétriques. Des deux côtés existent des organes semblables, dans les mêmes rapports, disposés seulement en sens inverse. Par conséquent, chez tous les bilatéraux, la position des organes est déterminée par trois axes : l'axe longitudinal, l'axe sagittal, et l'axe transversal. L'axe longitudinal, le grand axe, traverse le corps, de l'orifice buccal à l'orifice anal, d'un pôle à l'autre. L'axe sagittal, axe d'épaisseur, axe dorso-ventral, va de la surface supérieure à l'inférieure, du pôle dorsal au pôle abdominal. L'axe transversal ou latéral traverse le corps du pôle droit au pôle gauche. Ce dernier axe est donc équipolaire, tandis que les deux autres ne le sont pas. Ces moitiés symétriques du corps n'existent pas chez les zoophytes ou cœlentérés. C'est là une différence profonde, qui, originellement, remonte jusqu'à la gastréea, souche commune des deux groupes. De fortes raisons, tirées de l'embryologie comparée, nous obligent à admettre que les aïeux gastréens des bilatéraux ont acquis cette forme bilatérale, absente chez les aïeux gastréens des cœlentérés.

Evidemment cette importante différence provient étiologiquement du genre de motilité propre à ces deux grands embranchements du règne animal. Les formes ancestrales des zoophytes ou

cœlentérés ou bien se fixèrent au fond de la mer, ou bien y nagèrent librement, mais sans direction déterminée.

Au contraire, les animaux bilatéraux se mirent, dès le principe, en mouvement, soit en nageant, soit en rampant au fond de la mer, dans une direction déterminée.

Les premiers conservèrent donc la forme monaxile que possédait leur souche gastréenne, tout au plus acquirent-ils la forme cruciale, rayonnée. Les autres, au contraire, acquirent la forme bilatérale, que dut déjà posséder leur plus ancienne souche gastréenne (*Gastræa dipleura*).

Les cinq tribus ou phyles du règne animal, que nous appelons bilatéraux, se distinguent tout d'abord par la conformation du plus important des organes, l'organe de l'âme, le système nerveux central. Chez les vers (*Helminthes*), ce système a conservé la conformation originelle, celle que durent posséder les plus anciens groupes de bilatéraux. Ce système primitif (*Protoganglio*) est un simple nodule nerveux, émettant des fibres. Comme il est situé au-dessus de la bouche ou du pharynx, on l'appelle ganglion sus-pharyngien (*Ganglio suprapharyngeum*). Le cerveau primitif s'est formé aux dépens de la surface externe du feuille cutané de la *Gastræa dipleura*, souche commune des bilatéraux. Chez la plupart des vers, ce cerveau primitif garde encore la simplicité de sa conformation primitive; chez quelques-uns seulement il est devenu un anneau pharyngien.

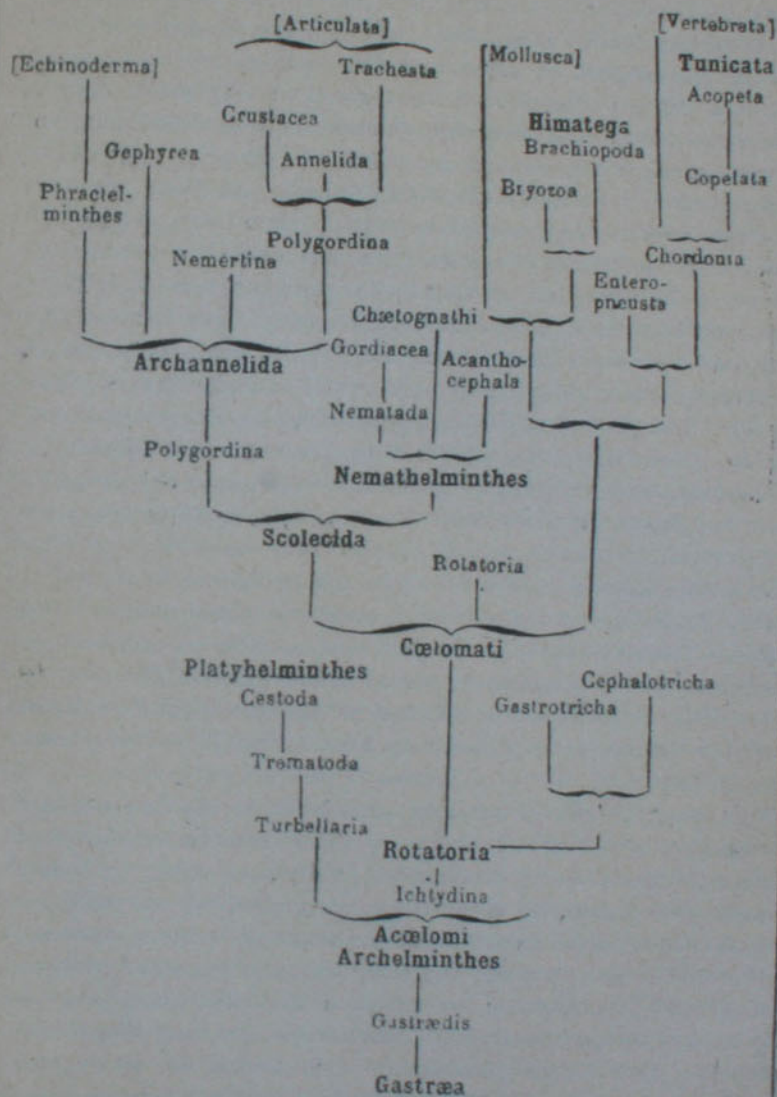
Ce sont les petits polypes (*Hydrusæ*), qui forment la plus ancienne et la plus inférieure des cinq classes des acalèphes. Ils ne diffèrent du protascus, c'est-à-dire d'une gastræa fixée, que par leurs organes urticants et une couronne de tentacules autour de la bouche. Récemment leur existence est individuelle; le plus souvent ils forment par bourgeonnement des séries d'individus. On les trouve en grand nombre fixés au fond de la mer et ayant la forme d'élégants arbustes. Les formes les plus inférieures de cette classe sont les petits polypes d'eau douce (*Hydra* et *Cordylophora*). Ces derniers, nous les pouvons considérer comme la descendance peu modifiée de ces polypes primitifs (*Archhydræ*) qui, durant l'âge primordial, ont donné naissance au groupe entier des acalèphes. La curieuse hydre (*Hydra*), si commune dans nos étangs, est, par la simplicité de sa structure, par la facilité avec laquelle elle se prête à la division, une des formes les plus intéressantes parmi les animaux inférieurs.

TAXINOMIE

DES CLASSES ET ORDRES DES HELMINTHES

GRANDS GROUPES DES VERS.	CLASSE DES VERS.	ORDRES DES VERS.	UN GENRE A TITRE D'EXEMPLE.
I Acoelomia.	1. Archelminthes.	Gastredina.	Gastrædis †.
		Prothelminthes.	Rothelmis †.
	2. Plathelminthes.	Turbellaria.	Planaria.
		Trematoda.	Distoma.
II Scolecida.	3. Rotatoria.	Cestoda.	Tænia.
		Gastrotricha.	Ichthidium.
	4. Nemathelminthes.	Cephalotricha.	Trochozoön.
		Nematoda.	Trichina.
	5. Choetognathi.	Gordiacæa.	Gordius.
		Acanthocephala.	Echinorhynchus.
		Sagittina.	Sagitta.
		Enteropneusta.	Balanoglossus.
6. Rhynchocoela.	Nemertina.	Nemertes.	
	7. Archannelida.	Polygordina.	Polygordius.
		Phracthelminthes.	Crossopodia.
	8. Gephyres.	Liogephyrie.	Sipunculus.
		Trachygephyrie.	Echiurus.
	III Simatega.	9. Bryozoa.	Endoprodeta.
Ectoprocta.			Acyonella.
10. Brachiopoda.		Ecardines.	Lingula.
		Testicardines.	Terebratula.
IV Tunicata.	11. Cepelata.	Chordonia.	Chordotus †.
		Appendicularia.	Cecopleura.
	12. Acopeta.	Ascidie.	Phallusia.
		Lucie.	Pyrosoma.
		Cyclomyaria.	Doliolum.
		Thaliadae.	Salpa.

ARBRE GÉNÉALOGIQUE DES VERS



La deuxième classe des acalèphes est constituée par les belles méduses (*Medusæ*) (pl. VII fig. 8-12). Communes dans toutes les mers, on les voit souvent flotter à la surface de l'eau en énorme quantité. D'ordinaire elles ont la forme d'une cloche, d'un chapeau de champignon ou d'une ombelle, dont le bord est garni de longs et délicats filaments préhensiles. Peu d'animaux marins sont aussi beaux et intéressants. Quelques espèces atteignent un volume considérable, jusqu'à un mètre de diamètre. Mais leur corps vitreux, transparent, contient à peine un pour cent de substance animale; le reste est de l'eau de mer. Leur physiologie est curieuse, surtout à cause de l'alternance des générations de polypes et de méduses; ce sont là de puissants témoignages en faveur de la théorie généalogique. En effet, le plus souvent des œufs des méduses naissent non pas d'autres méduses, mais de nombreux polypes des classes précédentes (*Tabulariés* et *Campanariés*). A leur tour, ces derniers produisent des bourgeons, qui, une fois libres deviennent des méduses. De même qu'aujourd'hui les méduses proviennent par génération alternante des polypes, ainsi les libres méduses sont issues phylogénétiquement des polypes fixés.

De la classe des méduses est sortie une troisième classe d'acalèphes, le groupe des beaux siphonophores (*Siphonophora*). Ce sont de flottantes colonies de méduses, soudées en cordons et parvenues par la division du travail à une extrême diversité de formes (voir la planche VII, fig. 13 et sa légende explicative, ainsi que mon travail sur *la division du travail dans la nature et chez l'homme* (50).

Mais, chez les quatre groupes supérieurs, le système nerveux central s'est beaucoup développé et d'une manière spéciale pour chaque groupe. Chez les mollusques (*Mollusca*) il existe un double anneau pharyngien. En effet, le ganglion cérébral est relié par deux anneaux péripharyngiens à deux autres ganglions nerveux; il se rattache par l'anneau antérieur au ganglion pédal (*Ganglio pedale*); par le postérieur, au ganglion branchial (*Ganglio branchiale*). Les *Échinodermes* sont caractérisés par une disposition angulaire de l'anneau pharyngien. Des angles de cet anneau rayonnent vers leur côté abdominal plusieurs filets nerveux. Chez les articulés (*Articulata*), on trouve une chaîne nerveuse abdominale et l'anneau pharyngien, identique dans les trois divisions de ce groupe: annelés, crustacés, insectes. Le système se compose

d'une série de ganglions abdominaux; deux par segment du corps, qui, tous, sont reliés entre eux par deux longs filets nerveux et se rattachent antérieurement au ganglion cérébral par l'anneau pharyngien. Enfin les vertébrés (*vertebrata*) possèdent une moelle épinière, fort cordon nerveux, renfermant des amas cellulaires distincts. Ce cordon, situé le long de la face dorsale du corps, doit être considéré comme un prolongement du cerveau primitif.

Outre l'importante conformation de l'organe psychique, du système nerveux central, chacun des cinq types bilatéraux possède encore, dans toute son organisation, bien d'autres caractères spéciaux. Pourtant ces types se peuvent sérier, car tous proviennent phylogénétiquement du groupe des vers ou helminthes, qui est la souche ancestrale de tous les animaux bilatéraux. Ce type des vers s'est diversifié, d'une part, pour former des classes distinctes; d'autre part, pour donner naissance aux quatre phyles supérieurs. Nous pouvons nous figurer chacun de ces phyles comme un grand arbre, dont les ramifications nous représentent les classes, ordres, familles, etc. Au contraire, le phylum des vers serait un arbrisseau très bas, un buisson sessile, de la souche duquel ont poussé dans diverses directions une foule de branches indépendantes. De ce buisson, bas et touffu, dont presque tous les rameaux sont morts, s'élèvent quatre branches, hautes et très ramifiées: elles représentent les quatre phyles de premier ordre, les radiés, les articulés, les mollusques et les vertébrés. C'est seulement près de la racine que ces quatre branches sont reliées indirectement entre elles par la souche commune des vers.

Ce qui précède explique l'extraordinaire difficulté que l'on éprouve à classer les vers. L'absence de restes fossiles augmente encore cette difficulté. De tout temps le corps des vers a eu si peu de consistance qu'il n'a guère pu laisser de traces caractéristiques dans les couches neptuniennes. Si donc nous voulons essayer de projeter quelque rayon de lumière douteuse sur l'obscurité généalogie des vers, il nous faudra derechef recourir aux documents que nous fournissent l'ontogénie et l'anatomie comparée. Avant tout, néanmoins, je dois bien faire remarquer que cette esquisse généalogique n'a, comme toutes les autres esquisses du même genre, qu'une valeur provisoire.

On peut distinguer bien des divisions dans la classe des vers, et il n'est guère de zoologistes qui ne les ait arrangées et décrites

selon sa fantaisie; mais ces divisions forment deux groupes essentiellement différents, comme je l'ai fait voir dans ma monographie des éponges calcaires (30); ce sont les grands groupes des acœlomates et des cœlomates. Tous les vers plats, par exemple, ceux de la classe des platyhelminthes, comprenant les turbellariés, les vers à suçoirs (*Trematodes*), les vers cestoïdes (*Cestodæ*), se distinguent des autres vers par une différence frappante; ils sont dépourvus de sang et de vraies cavités splanchniques. Aussi les appelons-nous *Acœlomiens* (*Acœlomi*). La vraie cavité splanchnique leur manque aussi complètement qu'à tous les zoophytes auxquels ils se rattachent immédiatement sous ce rapport. Au contraire, tous les autres vers ont une vraie cavité splanchnique, comme les quatre groupes zoologiques supérieurs; ils ont aussi par conséquent un système sanguin. Nous les réunissons donc tous sous la dénomination de *cœlomates*. Ces cœlomates, nous les subdivisons en trois classes principales, les *Scolecida*, *Himatega* et *Tunicata*.

La grande division des vers exsangues (*Acœlomi*) comprend, d'après notre conception phylogénétique, non seulement les platyhelminthes, les planaires actuels, mais aussi les souches éteintes et inconnues du groupe des vers tout entier; nous désignerons ces types disparus par la dénomination d'*archelminthes*. Le type de ces vers primitifs, l'antique *Prothelmis*, dérive immédiatement de la *Gastræa*. Aujourd'hui encore, la forme *Gastrula*, cette vraie reproduction actuelle de la *Gastræa*, reparaît comme forme larvée transitoire dans l'ontogénèse des vers les plus dissemblables. Parmi les vers vivant à notre époque, les plus voisins des vers primitifs sont les turbellariés vibratiles (*Turbellaria*), qui sont la souche de nos platyhelminthes. Des turbellariés, nageant librement dans l'eau, sont provenus par l'adaptation à la vie parasitaire les vers à suçoirs ou trématodes parasites, et de ces derniers, par un parasitisme plus complet encore, les vers rubanés ou cestoïdes.

D'une ou de plusieurs branches des acœlomiens sont issues les autres grandes divisions de la tribu des vers, celles des vers pourvus de sang et de cavité splanchnique (*Cœlomati*), savoir: les trois classes des scolécidés, des himatégés et des tuniciers, que l'on pourrait subdiviser au moins en dix groupes.

L'arbre généalogique précédent montre comment on peut se figurer approximativement l'obscur phylogénie des huit classes des cœlomates. Néanmoins je résumerai brièvement cette géné-

logie; car les liens de parenté entre les différents groupes zoologiques sont très embrouillés et encore fort mal connus. C'est seulement au prix de recherches nombreuses et consciencieuses sur l'ontogénèse des divers coelomates, que nous pourrons arriver à éclairer leur phylogénèse.

Dans la division des *Scolécidés*, nous distinguerons six classes, parmi lesquelles la classe des rotifères est particulièrement importante (*Rotatoria*). Elle est composée de très petits animaux microscopiques, que par erreur on a d'abord confondus avec les infusoires. On trouve les rotifères aussi bien dans l'eau douce que dans l'eau salée; ils y nagent à l'aide d'un organe cilié improprement comparé à une roue. Cette prétendue roue, ce « ruban cilié », « cette voile ciliée », etc., se rencontre non seulement chez les larves de la plupart des autres coelomates, mais aussi chez celles des animaux supérieurs. L'antique forme ancestrale, qui se dégagea primitivement des vers primitifs, devait être bien voisine des rotifères. Les rotifères actuels se divisent en deux ordres, les Gastrotrichés (*Gastrotricha*), dont le type est l'*Ichtydium*, et les Céphalotrichés (*Cephalotricha*), dont le *trochozoon* représente la forme première : les uns et les autres sont phylogénétiquement d'un haut intérêt.

La deuxième classe des scolécidés est représentée par les *Némathelminthes* (*Nemathelmintha*), au corps cylindrique, allongé et d'une extrême simplicité. La plupart des némathelminthes vivent en parasites dans le corps d'autres animaux ou sur des plantes. Parmi les parasites humains de ce groupe, il faut compter les célèbres trichines, les *Ascarides* (*Ascaris*), les trichocéphales (*Trichocephalus*), les vers filaires (*Filaria*), etc. On doit encore ranger parmi les némathelminthes les nématodes, les parasitaires Gordiacés, et les Acanthocéphales; ces derniers, comme les vers rubanés, ont, par le parasitisme, totalement perdu leur tube intestinal, qui déjà a disparu en partie chez les gordiacés. On place aussi parmi les némathelminthes les curieux *Chætognathes* (*Chætognathi*), qui nagent en si grand nombre à la surface de la mer; mais pourtant leur structure spéciale les en sépare et il en est de même pour les deux groupes des *rynchocèles* (*Rhynchocœla*), les entéro-pneustes et les némertins, dont le premier se rapproche des tuniciers et l'autre des annélides. De leur côté, les géphyrés (*Gephyrea*) marins sont voisins des annélides. Il faut regarder comme la souche ancestrale des annélides et plus généralement

des arthropodés, les *archannelides* (Archannelida) et spécialement les *polygordiens* (Polygordina), très voisins d'ailleurs des nématodes. Peut-être faut-il aussi ranger dans cette classe les phractalminthes fossiles (*Phractalminthes*), forme ancestrale possible des échinodermes ou radiés.

Le groupe principal des *himatégés* (Himatega) comprend deux classes, les *bryozoaires* (Bryozoa) et les brachiopodes (*Brachiopoda*); la plupart des premiers et tous les seconds sont des animaux marins. Les deux classes sont proches parentes, et de bonne heure on en a fait des mollusques ou des molluscoïdes. En réalité, elles sont étroitement unies. Mais les bryozoaires se rapprochent beaucoup des rotifères. Quant aux brachiopodes, leurs larves sont par certains caractères voisines des bryozoaires, mais, d'autre part, leur organisation est si particulière que récemment on en a fait une grande division et même une tribu indépendante (phyle ou type).

La classe des vers tuniciers est des plus remarquables (*Tunicata*). Tous sont des animaux marins; mais les uns sont fixés au fond de la mer, les autres y nagent librement. Tous les tuniciers ont un corps sacciforme, non segmenté, ressemblant à un baril, et étroitement revêtu d'un épais manteau cartilagineux. Ce manteau est constitué par ce composé carboné, non azoté, appelé cellulose, qui tient une si grande place dans la composition des membranes cellulaires végétales et dans celle du bois. Ordinairement le corps des tuniciers est totalement dépourvu d'appendices externes, et personne n'irait s'imaginer qu'une parenté quelconque dût exister entre les tuniciers et les vertébrés. Pourtant le fait ne saurait être mis en doute depuis que les observations de Kowalewski, publiées en 1867, ont jeté sur ce point une lumière aussi vive qu'imprévue. Il résulte de ces recherches, que l'embryologie individuelle des ascidies sédentaires simples (*Ascidia*, *Phallusia*) concorde essentiellement avec celle des vertébrés les plus inférieurs (*Amphioxus lanceolatus*). Ainsi, à l'état embryonnaire, les ascidies possèdent les rudiments de la moelle épinière et de la corde dorsale (*Chorda dorsalis*), c'est-à-dire les deux organes les plus caractéristiques des vertébrés. Les tuniciers sont donc, individuellement parmi tous les invertébrés, les plus voisins des vertébrés; il faut y voir les plus proches parents des chordoniens (*Chordonia*), c'est-à-dire des vers qui ont été la souche originelle des vertébrés (pl. X et XI).

La grande division des tuniciers peut se diviser en deux classes :

les copélates et les acopètes. Aux copélates appartiennent les petits *appendicariés* (*Oecopleura*, etc.), qui tournoient dans la mer en se servant de leur queue comme d'un aviron; ils n'ont pas dépassé la forme larvaire des ascidies. Nous pouvons rattacher à ces copélates la forme ancestrale, disparue, des tuniciers et des vertébrés. Quant aux autres tuniciers, aux acopètes (*Acopeta*), ils ont perdu leur queue et acquis une cage branchiale, munie de cavités branchiales. Ils comprennent les ascidies fixées et les genres libres (*Pyrosoma*, *Doliolum* et *Salpa*), dont chacun représente un ordre.

Les célomates ont fourni des rameaux nombreux et plusieurs formes intermédiaires, qui se rattachent aux grands groupes supérieurs; mais les vers acélomates sont proches parents des zoophytes et manifestement très voisins encore des gastréadés. A ce point de vue, il faut surtout noter l'absence du sang et de la cavité splanchnique; sous ce rapport, les acélomiens sont de véritables « céloentérés ». Mais ils se séparent essentiellement des vrais céloentérés ou zoophytes par leur forme bilatérale.

Si dissemblables que soient les animaux inférieurs, que nous appelons vers ou helminthes, ils se ressemblent pourtant tous par leur type bilatéral, l'absence de véritables membres et la simplicité de leur système nerveux central, qui est un simple ganglion, un cerveau rudimentaire. Mais ce qui les caractérise surtout, c'est l'absence complète de segments, de *métamères*, existant le plus souvent chez les animaux supérieurs. Par ce défaut de segmentation les vers se séparent nettement des annélides, d'ordinaire confondus avec eux, mais qui appartiennent aux arthropodes. Seule, la segmentation rend possible une organisation plus parfaite, comme celle des arthropodes et des vertébrés.

DIX-NEUVIÈME LEÇON

Arbre généalogique et histoire du règne animal.

II. — MOLLUSQUES, RADIÉS, ARTICULÉS.

Tribu des mollusques. — Trois grandes classes de mollusques : cochlidés, conchadés, céphalopodes. — Tribu des radiés. — Les radiés descendent des articulés (phractalminthes). — Générations alternantes des échinodermes. — Six classes de radiés : astérides, ophiures, crinoïdes, blastoïdes, échinides, holothuries. — Tribu des articulés. — Trois classes d'articulés : annélides, crustacés, trachéates (protachéates, myriapodes, arachnides, insectes). — Insectes rongeurs et suceurs. Arbre généalogique et histoire des huit ordres d'insectes.

Messieurs, les grands groupes naturels du règne animal, que nous avons appelés tribus ou phyles et qui correspondent aux « types » de Baer et de Cuvier, n'ont pas la même importance taxinomique pour notre phylogénie. Nous ne saurions considérer ces groupes comme formant une série graduée unique, ni comme étant des phyles absolument indépendants, ni comme des branches équivalentes entre elles d'un seul et même arbre généalogique. Bien plus, comme nous l'avons vu dans la dernière leçon, la gastræa est manifestement la souche commune du règne animal tout entier.

Cette primitive gastræa, dont l'antique existence nous est aujourd'hui clairement attestée par la gastrula embryologique, a tout d'abord produit divers gastréadés, qui, en raison de leur organisation rudimentaire, nous représentent les zoophytes les plus simples. En outre, il nous faut considérer le groupe polymorphe et si ramifié des vers, comme la souche commune, qui a produit des rameaux absolument distincts, représentant les quatre phyles supérieurs du règne animal.

Jetons maintenant un coup d'œil sur ces grands embranchements, et voyons si, dès à présent, il ne nous serait pas pos-

sible d'indiquer à grands traits leur généalogie. Quelque imparfait et défectueux que puisse être cet essai, il aura du moins le mérite d'être un premier pas et de frayer la voie à des recherches plus complètes.

Le mode de sériation des quatre branches primordiales du règne animal est sans aucune importance. En effet, ces quatre phyles n'ont pas entre eux une étroite parenté; ce sont des rameaux entièrement distincts du groupe des vers. Le groupe des mollusques peut être regardé comme le plus imparfait et le plus inférieur, du moins au point de vue morphologique.

Ce groupe comprend trois grandes classes: les cochlidés, les conchadés et les teuthodes (*Céphalopodes*). Le type des cochlidés est fondamental et c'est celui de la plupart des mollusques. Les conchadés et les teuthodes en dérivent, les uns par régression, les autres par perfectionnement.

Ce qui caractérise les mollusques, c'est un corps sacciforme, sans articles. La face ventrale du corps affecte des formes diverses, mais le plus souvent elle simule un pied et sert à la reptation; cette face est entourée par la région dorsale, dont un repli constitue ce qu'on appelle le manteau. Le bord abdominal est séparé d'ordinaire de celui du manteau par une cavité où sont logés les organes de la respiration (cavité du manteau ou cavité branchiale).

Chez les mollusques, nous ne rencontrons nulle part la division caractéristique du corps en articles, déjà évidente chez les annélides, et qui, dans les trois autres embranchements des rayonnés, des articulés et des vertébrés, est la cause principale de l'ennoblissement, de la différenciation et du perfectionnement des formes. Bien plus, chez tous les mollusques, conchadés, cochlidés, etc., le corps tout entier a simplement la forme d'un sac logeant les intestins. Seule, l'extrémité antérieure du corps représentant la tête, se distingue plus ou moins nettement du tronc. Chez la plupart des cochlidés, cette tête, médiocrement développée, porte une paire d'yeux, deux tentacules, une bouche munie de mâchoires, de dents et d'une langue hérissée de dents nombreuses, qui lui donnent l'aspect d'une râpe. Chez les conchadés, la tête est d'habitude en voie de régression; elle est, au contraire, très développée chez les teuthodes.

Le système nerveux des mollusques est très caractéristique; il se compose d'un ganglion cérébral ou cerveau rudimentaire relié,

d'une part, par un anneau pharyngien, avec un ganglion pédieux inférieur; d'autre part, par un anneau postérieur, avec un ganglion branchial. Chez la plupart des mollusques, le corps mou et saciforme est protégé par une enveloppe calcaire, une sorte de maison; dans le principe, cette enveloppe n'est qu'un plastron dorsal; mais, chez la plupart des cochlidés et des teuthodes, ce plastron devient un étui en spirale. A cause de cette enveloppe calcaire, on donne aux mollusques le nom de *Conchylia* (Ostracoderma d'Aristote).

Quoique ces squelettes solides se rencontrent en énorme quantité dans toutes les couches neptuniennes, cependant ils nous apprennent très peu de chose sur l'évolution historique du groupe. En effet, le développement de ces animaux s'est effectué en majeure partie durant l'âge primordial. Déjà l'on trouve dans les couches siluriennes les trois ordres de mollusques juxtaposés. Cela montre, sans parler de beaucoup d'autres preuves, que le groupe des mollusques avait dès lors atteint un plus haut degré de développement que les groupes plus élevés, notamment les articulés et les vertébrés, à peine alors au début de leur évolution. Dans les âges suivants, et surtout dans les âges primaire et secondaire, les types supérieurs dont nous venons de parler se développent aux dépens des mollusques et des vers qui, ne pouvant rivaliser avec eux dans la lutte pour l'existence, décroissent de plus en plus. Les mollusques et les vers actuels doivent être considérés comme un reste relativement mesquin des formes puissantes, qui, durant l'âge primordial et l'âge primaire, l'emportaient sans conteste sur toutes les autres classes.

Nul autre groupe zoologique ne montre mieux que celui des mollusques combien les fossiles peuvent différer de valeur au point de vue géologique et au point de vue phylogénique. En géologie, les coquilles fossiles des diverses espèces de mollusques sont d'une importance extrême; ce sont, en effet, des jalons infiniment précieux pour caractériser les couches sédimentaires et leur âge relatif. Au contraire, au point de vue de la généalogie des mollusques, ces coquilles sont presque sans intérêt, parce que, d'une part, ce sont des parties du corps morphologiquement inférieures, et, d'autre part, le groupe zoologique auquel elles ont appartenu s'est développé au début de l'âge primordial, qui ne nous a légué aucun fossile bien conservé. Pour construire l'arbre généalogique des mollusques, force nous est donc de recourir aux

documents fournis par l'ontogénie et l'anatomie comparée, qui nous fournissent les renseignements suivants (*Morph. gén.*, II, table VI, p. CII-CXVI).

Le groupe principal des mollusques est constitué par la classe des cochlidés, dont sont provenus les conchadés et les tenthodes, les premiers par régression, les seconds par métamorphose progressive. Les cochlidés comprennent cinq sous-groupes, qui, en dépit de leur diversité morphologique, montrent par leur larve qu'ils descendent d'une souche ancestrale commune. Cette forme hypothétique, disparue depuis des millions d'années, est la *Veligara* ou *Procochlis*; elle ressemble essentiellement à l'intéressant *Veliger*, qui, aujourd'hui encore, se retrouve dans l'embryologie de la plupart des mollusques. Les Véligères sont ainsi nommés à cause d'une grande « voile » bilobée, d'une soi-disant roue (*velum*) apparaissant à la région frontale du jeune mollusque, dont le dos est excavé en forme de petit godet.

Les mollusques les plus anciens ayant le mieux conservé la forme primitive commune sont ceux que l'on a appelés *Fissurella*, ou leurs plus proches parents, les placophores (*Chiton*). Ces derniers (*Placophora*), formant aujourd'hui une classe distincte, ont ceci de particulier que leur têt est divisé en huit plaques dorsales placées en série. Les mollusques les plus primitifs, après ceux dont nous venons de parler, sont les zeugobranches (*Zeugobranchia*), appartenant à la grande classe des gastéropodes (*Gastropoda*). Le pied des gastéropodes est une sorte de semelle aplatie (sole), qui leur sert à ramper, comme le fait notre limaçon. Parmi les gastéropodes, on distingue trois divisions : les prosobranches (*Prosobranchia*), les opisthobranches (*Opisthobranchia*) et les pulmonés (*Pulmonata*). Les premiers ont les branchies en avant du cœur ; les autres les ont en arrière. Chez les pulmonés (limaçon des vignes, limaçon des jardins), la cavité branchiale s'est par adaptation transformée en cavité pulmonaire. De tous les mollusques, les pulmonaires sont les seuls qui aient abandonné pour la terre l'antique milieu aquatique du groupe.

Une des plus curieuses formes de mollusques nous est fournie par l'*Entoconcha mirabilis*, qui forme le goupe des saccomorphes (*Saccomorpha*). Ce curieux animal a été découvert par J. Müller, le grand zoologiste berlinois, dans la baie de Muggia, près de Trieste. L'entoconcha adulte est constituée par un simple sac rempli d'œufs et de spermés ; elle est dans l'intestin d'une holothurie

(*Synapta*). Jamais on ne soupçonnerait que ce sac à œufs fût un mollusque métamorphosé, si de ses œufs il ne sortait un jeune tout à fait analogue au véligère, forme larvée ordinaire des mollusques branchifères (*Natica*), et ayant, outre la coquille, une voile ciliée. Évidemment, dans ce cas, le mollusque a peu à peu dégénéré sous l'influence de la vie parasitaire et il ne lui est plus resté que la peau et les organes de la génération. C'est là un cas unique chez les mollusques, mais il est très commun chez les sacculines (*Sacculina*) des crustacés. Seule, l'embryologie peut nous renseigner et nous faire comprendre l'évolution régressive de cette forme parasitaire.

Vraisemblablement, c'est aussi par régression ayant surtout porté sur la tête que les conchadés sont issus des cochlidés. Les conchadés ont reçu différents noms : on les a appelés *acéphales*, à cause de leur tête atrophiée ; *lamellibranches* (*Lamellibranchia*), à cause de leurs branchies aplaties ; *pélécy-podes* (*Pelecypoda*), à cause de leur pied en forme de hache ; *Bivalves* (*bivalva*), à cause des deux valves de leur têt. Chez tous les conchadés, la tête a disparu et avec elle les mâchoires et la langue dentifère et râpeuse que l'on rencontre chez tous les autres mollusques, à l'exception du type entoconcha. Tous les conchadés ont aussi perdu les deux yeux, que supportait la tête ; pourtant nombre d'entre eux ont, par compensation, acquis un grand nombre d'yeux nouveaux, alignés sur les bords de leur large manteau ! Chez eux, l'écaille dorsale, primitivement simple, est composée de trois pièces, deux plaques latérales et une dorsale, faisant office de charnière et réunissant les deux autres.

Nous avons supposé que les conchadés descendaient des cochlidés par régression et perte de la tête. Cette hypothèse phylogénétique est confirmée par l'anatomie comparée, par l'embryologie et aussi par ce fait qu'aujourd'hui encore il existe une forme intermédiaire entre les deux groupes : c'est le genre *Dentalium*, formant la classe spéciale des scaphopodes (*Scaphopoda*). A ces derniers se rattachent les pholades ainsi que les mollusques appelés « couteaux » et « Vénus » ; tous forment l'ordre des *siphoniates*. Ces derniers sont munis de branchies tubulaires, qui font défaut à l'ordre des *asiphoniés*. Parmi les *asiphoniés*, il faut ranger les huîtres et les moules perlières, ainsi que les naïades de nos étangs.

Les *ptéropodes* (*Pteropoda*) forment une classe de mollusques

marins et noctambules; ils nagent en bandes très nombreuses, et voguent dans la mer à l'aide de deux grandes nageoires plates, situées sur la tête et représentant les pieds antérieurs transformés; ce sont les « papillons de mer ». Par plus d'un caractère ils sont intermédiaires aux cochlidés et aux teuthodes. La plupart de ces derniers forment la curieuse classe des *céphalopodes* (*Cephalopoda*), déjà étudiée par Aristote. Ce sont aussi des animaux marins. Par leur grande taille, la perfection de leur organisation, spécialement le développement de leur tête, ils sont bien supérieurs aux cochlidés, mais sûrement ils en descendent. Ils se distinguent des cochlidés par de longs bras au nombre de huit, dix ou davantage, disposés en couronne autour de la bouche et qui sont de vrais membres céphaliques. Les teuthodes vivant encore aujourd'hui dans nos mers, les sépias, les calmars, les poulpes, les argonautes et les nautiles, sont les derniers restes de la foule nombreuse qui représentait cette classe dans les mers des âges primaire et secondaire. La multitude des ammonites, des nautiles, des bélemnites fossiles atteste la prédominance depuis longtemps évanouie de ce groupe. La plupart des teuthodes éteints appartiennent à la légion des tétrabranches (*Tetrabranchia*), dont les nautiles (*Nautilus*) sont les seuls représentants actuels. Tous les autres céphalopodes actuels sont dibranches (*Dibranchia*).

Les ordres compris dans les quatre classes des mollusques, et dont le précédent tableau montre la série taxinomique, démontrent par leur évolution historique et leur disposition hiérarchique correspondante la réalité de la loi du progrès. Cependant, comme ces groupes secondaires de mollusques n'offrent par eux-mêmes aucun intérêt spécial, je me contenterai de vous renvoyer à l'esquisse de leur généalogie ébauchée ci-contre et aussi à l'arbre généalogique plus détaillé que j'ai publié dans ma *Morphologie générale*. Passons actuellement à l'étude de l'embranchement des radiés.

Les radiés (*Echinoderma* ou *Estrellæ*), auxquels appartiennent les astéries, les ophiures, les crinoïdes, les blastoïdes échinides et les holoturies, sont une des divisions les plus intéressantes et pourtant les moins connues du règne animal. Tous vivent dans la mer. Chacun d'entre vous, pour peu qu'il ait fréquenté les bords de l'Océan, connaît au moins deux types de ces échinodermes, les étoiles de mer ou astéries et les oursins. L'organisation des échinodermes est tellement spéciale, qu'il les faut considérer comme