

REVUE SCIENTIFIQUE

(REVUE ROSE)

DIRECTEUR : M. CHARLES RICHET

NUMÉRO 1

TOME LII

1^{er} JUILLET 1893

noncer, c'est que beaucoup de faits imprévus se seront ajoutés à nos connaissances actuelles. Il faut se hâter d'ailleurs pour recueillir et coordonner tout ce qui s'offre aujourd'hui à l'observation. Car en peu d'années désormais la physionomie de l'Afrique sera changée à ce point, par la rapidité et la multiplicité des échanges, que ce que je viens de tenter sera peut-être devenu impossible pour toujours.

ZABOROWSKI.

BIOLOGIE

La périodicité évolutive et sa répercussion sur l'évolution des animaux et des végétaux.

Les lois de l'évolution régissent à la fois l'apparition, le développement, la vie, les attributs et les rapports réciproques de tout ce qui existe dans le monde. Pour dégager ces lois, il faut uniformément comparer la condition présente des *faits* envisagés à leur état le plus ancien, si haut qu'on puisse y remonter, en consultant, entre ces deux extrêmes, les diverses manières d'être (sans en négliger une seule) revêtues dans l'espace et dans le temps par les mêmes faits, et leurs rapports avec les faits voisins. Telle est, en peu de mots, la plus large définition de l'évolution; telle est la méthode générale et purement idéale qui s'impose aux études évolutives. Elle exige, en ce qui touche aux êtres organisés, des matériaux paléontologiques presque irréalisables, mais elle comporte fort heureusement quelques variantes qui sont autant de voies détournées pour arriver au même but, autant de sous-méthodes auxiliaires et convergentes.

Si, dans leur marche sans cesse progressive (et partant complicative), tous les êtres vivants avaient laissé derrière eux des témoins de leur condition primaire bien authentiques, aisément déchiffrables et parfaitement accessibles, en un mot, des continuateurs fidèles et à transition bien ménagée reliant leur état primitif à leur état actuel, les naturalistes seraient dans la situation des philologues qui, retrouvant sans effort, à travers les écrits anciens, les divers états successifs par lesquels a passé un *mot* actuellement méconnaissable dans ses origines, en reconstituent les racines. Mais il n'en est pas ainsi, et les archives souterraines de la science morphologique, actuellement moins riches et toujours plus impénétrables que les plus arides des manuscrits du moyen âge, forment un livre à peine entr'ouvert dont quelques privilégiés seuls peuvent à grand-peine épeler, inhabilement parfois, les pages semi-frustes.

D'autre part, dans cette lutte archaïque pour la

vie, que de naufrages dont aucune épave n'est parvenue jusqu'à nous à travers les révolutions du globe, dont aucun être n'a survécu, éteignant ainsi dans une nuit perpétuelle des lignées entières qui laissent parmi nos groupes survivants de béants hiatus! Qui portera la lumière dans ces ténèbres? Quelque nouvelle loi évolutive et la sûreté de nos déductions nous permettront-elles de les scruter un jour?

Dans cette misère, les naturalistes ont fouillé d'autres voies, plus âpres, plus sinueuses, mais aussi moins fécondes. Partant de ce fait que le développement d'un organisme n'est que la succession entière ou raccourcie des phénomènes morphologiques qui lui ont donné, dans le temps, progressivement naissance, ils ont pensé que les faits embryogéniques pourraient, au moins dans leur ensemble, être consultés pour la reconstitution des principaux états antérieurs de l'être, ou pour tout dire en un mot, en employant la formule consacrée, que *l'ontogénie reproduit la phylogénie condensée*.

Si cette proposition avait été, dans toute son étendue, aussi vraie que semble l'indiquer sa forme aphoristique, le problème de l'évolution animale ou végétale eût trouvé sa solution naturelle dans les études embryogéniques. Mais la nature se plie mal à nos formules rigides; aussi les plus ardents d'entre les embryogénistes ont-ils été, après de vaillants efforts, bien obligés de reconnaître que les données embryogéniques acquises en zoologie, bien que très fécondes en soi, ne formaient pas à elles seules, même après avoir passé au crible de la plus sévère et de la plus rigoureuse interprétation, un capital de faits capables de constituer des assises suffisantes pour une classification évolutive (1).

(1) Voici comment s'exprime M. Ed. Perrier (Congrès international de zoologie, Paris, 1889, p. 53, juillet 1889, Lille, imprimerie de la Société zoologique de France, M. Perrier, rapporteur) sur les services que l'embryogénie peut rendre à la classification. Ce passage est trop important et trop confirmatif des idées que je développe ici, et que je soutenais dès 1884 dans la *Revue Scientifique* (a) pour ne pas la reproduire en entier : « Quelles que soient les idées que l'on puisse se faire sur l'origine des êtres vivants, sur la possibilité de leur transformation dans le temps, il est bien certain que les organismes actuels ne sont pas d'égale complexité. Il a été de tout temps reconnu que les animaux peuvent être répartis entre de grandes divisions, dans l'étendue desquelles on peut constater non pas cette identité de plan et de structure que cherchaient à mettre en évidence les disciples immédiats de Cuvier, mais une *gradation lente qui permet de s'élever des formes simples à des formes compliquées dont les parties constitutives, d'abord peu cohérentes deviennent de plus en plus solidaires*, produisant ainsi des êtres dont l'unité physiologique est de plus en plus frappante. Il est toujours permis de disposer les organismes compris dans ces grandes divisions dans l'ordre de leur complication croissante. C'est, suivant le point de vue auquel on se place, ou bien une simple application de la règle logique

(a) *Évolution comparée dans les deux règnes*, août 1884. *La classification des plantes et la théorie de l'Évolution*, octobre 1885; *Les plantes et la théorie de l'Évolution*, mars 1886.

Cet insuccès partiel du principe sur le terrain zoologique devait se transformer en un véritable désastre dans le domaine de la botanique. On peut hardiment affirmer, en effet, que si la science des animaux s'est enrichie par la connaissance de quelques stades embryogéniques pleins d'enseignements pour l'évolution, rien de satisfaisant n'a pu être déduit, par contre, des faits déjà nombreux, compendieusement acquis par les botanistes qui se sont voués aux pénibles recherches d'embryogénie végétale. Tel est le bilan, telle est la situation sur ce double terrain.

Néanmoins, d'une part les moyens paléontologiques dont nous venons d'envisager la portée, de l'autre, les données embryogéniques malgré leur insuffisance, ont été tour à tour mis isolément à profit dans des études d'évolution animale qui marquent de véritables étapes dans cette voie nouvelle : de ces efforts résultent certainement de grands progrès pour la connaissance du processus évolutif chez les animaux. Mais tout autre est, à ce point de vue, la situation du règne végétal qui ne doit, pour la constitution de sa filiation, ni rester uniquement tributaire des données trop lentes et trop incertaines de la géologie, ni attendre quelque secours que ce soit de l'embryogénie. C'est là un point que les auteurs d'évolution végétale ont peut-être un peu trop oublié. On doit encore moins perdre de vue que nos végétaux actuels ne sont pas tous dérivés de formes ancestrales éteintes ayant laissé ou non des traces dans les âges géologiques, mais sont constitués tout à la fois par des espèces simples, attardées dans leur simplicité, ayant assisté dans leur forme actuelle à l'aurore de la vie sur notre globe, et fixées à jamais,

qui recommande de procéder du simple au composé dans l'étude des sciences, ou bien un essai de disposition des organismes dans un ordre correspondant à celui dans lequel il est apparu. De toutes les façons, comme il est certain que l'ontogénie procède bien réellement du simple au composé, comme tous les organismes sont, au début, réduits à un plastide unique, l'œuf, on se compliquant graduellement, par la multiplication croissante et la différenciation de plastides nés de la division du plastide unique, primitif, s'il existe réellement un parallèle à établir entre les formes successives des organismes supérieurs et l'ordre de succession des formes adultes de plus en plus compliquées qui appartiennent à la même série que cet organisme, le seul moyen de mettre en évidence un tel parallélisme est évidemment d'établir, au préalable, l'ordre de succession des formes adultes auxquelles il s'agit de comparer les formes embryonnaires. Ne semble-t-il pas, dès lors, que loin de fournir une méthode de classification, l'embryogénie ne peut, au contraire, se constituer scientifiquement qu'après l'établissement d'une classification naturelle, ordonnant les organismes comme elle ordonne les phénomènes, du simple au composé ? Son intervention exclusive dans l'établissement de cette classification constituerait fatalement un cercle vicieux, car on ne peut interpréter les phénomènes qu'elle présente qu'à la lumière de cette classification elle-même. C'est seulement quand la signification de ces phénomènes aura été bien déterminée, qu'il sera permis de les invoquer à leur tour pour résoudre quelques difficultés secondaires. »

sans doute, ainsi que leur descendance, dans cet état primitif ; puis, à côté d'elles, par des plantes présentant tous les degrés de complication actuellement connus dans les végétaux. Assurément la chaîne n'est pas complète dans le monde végétal aujourd'hui vivant, mais les hiatus y sont-ils plus nombreux que dans nos échantillons de végétaux fossiles ou dans les intervalles laissés en zoologie par les stades embryogéniques ? Toute la question est là, et sur ce point la réponse n'est pas douteuse.

Il m'a donc semblé qu'en l'état d'impuissance relative de ces méthodes secondaires, il y avait lieu, pour dégager les lignes évolutives suivies par le règne végétal, de rapprocher des données morphologiques actuelles, celles qui sont fournies par l'anatomie comparée, et d'apprécier ainsi le degré de complication organique ou de simplicité des individualités, puis des groupes entre eux, afin de mettre ces groupes à leur place gradative, c'est-à-dire dans leur véritable situation évolutive, en tenant compte des types éteints qui forment un lien manifeste entre ces différents groupes.

Ce travail étant fait dans son ensemble, je n'ai pas tardé à m'apercevoir, dès que j'ai pu étudier les formes végétales graduellement classées dans les différents embranchements connus, et les comparer entre elles dans leurs grands traits, que l'évolution des végétaux a suivi une voie rythmique en répétant sans cesse, sur des variations diverses d'ordre progressif, le premier thème créateur. Cette observation m'a permis d'établir, dans les grands groupes de végétaux, des séries parallèles répondant à une succession identique de processus évolutifs (1). Dès lors, m'étant demandé pour quelle raison le rythme et la périodicité étaient devenus la loi dominante de l'évolution vitale sur notre globe, j'en ai cherché l'origine, et il m'a été aisé d'en retrouver la trace dans toutes les manifestations physico-chimiques de la vie cosmique, et par suite, j'ai pu comprendre et m'expliquer ainsi la répercussion de cette périodicité sur la vie des êtres organisés. Il importe de démontrer ici l'existence de cette périodicité cosmique et c'est ce que je vais essayer de faire.

Tous les phénomènes astronomiques, du moins tous ceux qui sont bien connus, sont d'ordre périodique. Les uns se caractérisent par de courtes, les autres par de longues périodes, comme la précession des équinoxes (26 000 ans). Pour d'autres, à peine soupçonnés encore, on ne peut rien préciser parce que la période, si elle existe, est d'une amplitude tellement grande que la courte durée de nos observations ne saurait les mettre en évidence, tel par

(1) Voir *Revue Scientifique* : Les plantes et la théorie évolutive (la gradation organique), 1^{er} sem. 1886, p. 339.

exemple, le mouvement qui paraît entraîner le soleil dans la direction de la constellation d'Hercule. Cependant, ce dernier mouvement pourrait fort bien être *rectiligne* et *uniforme*, se poursuivant indéfiniment dans la même direction; les lois de la mécanique permettent du moins de le supposer. Il y aurait donc, peut-être, en astronomie des mouvements non périodiques. Mais ce n'est pas dans les mouvements périodiques des astres qu'il convient de chercher l'analogie avec les phénomènes observés dans les êtres vivants. Ce serait plutôt, comme l'a si bien démontré M. Janssen, par l'application qu'il a magistralement faite de la théorie générale de l'évolution à l'hypothèse cosmogonique de Laplace (1), dans le phénomène d'évolution qui, d'après cette théorie, a fait sortir tout notre système solaire de la condensation d'une nébuleuse primitive. Il est vrai que cette hypothèse ne comporte qu'une des phases de la période. Pour qu'il y ait périodicité complète, il faudrait admettre, comme le fait Herbert Spencer au sujet de l'hypothèse de la nébuleuse, dans ses *Essais scientifiques*, qu'à un moment donné les forces de dissolution l'emporteraient dans notre système solaire.

Les phénomènes météorologiques, qui sont en dépendance si étroite avec les phénomènes astronomiques, nous présentent le même caractère de périodicité (2). La géologie nous apprend, en effet, que de grandes variations de climat se sont produites, dans le temps, à la surface du globe. Pendant l'époque tertiaire, l'Europe tempérée possédait un climat tropical qui permettait aux plantes actuellement spéciales aux zones torrides de s'avancer jusqu'au Groenland. Plus tard se produisit la période glaciaire marquée par la grande extension des glaciers et par des froids plus rigoureux que ceux des temps actuels. La grande extension de ces phénomènes sur des surfaces immenses montre, du reste, qu'il ne s'agit pas ici d'accidents purement locaux, mais de modifications générales dans la climatologie du globe. Le climat de nos régions a été tantôt plus chaud, et tantôt plus froid qu'aujourd'hui : on n'est donc pas en présence d'un échauffement ou d'un refroidissement continu et progressif, mais vraisemblablement en présence d'un phénomène périodique.

M. de Lapparent, dans son *Traité de Géologie*, attribue les phénomènes de la période glaciaire à la plus

grande abondance des pluies. La prédominance des courants atmosphériques chargés d'humidité, en alimentant les glaciers par de grandes chutes de neige sur les hautes montagnes, aurait amené l'extension de ces glaciers, et par suite un abaissement de la température. Le froid aurait donc été, à cette époque, l'effet et non la cause de l'extension des glaciers. Dans cette hypothèse, il faudrait donc admettre qu'à une certaine époque de l'histoire de notre globe, des courants atmosphériques, chargés de vapeur d'eau, auraient circulé au-dessus des régions où se sont développés les phénomènes glaciaires. Mais alors, il y aurait eu, dans la marche et les allures des courants atmosphériques, des modifications progressives dans la suite des temps, et il se pourrait fort bien qu'il se fût produit, dans la région des courants aériens à la surface du globe, des variations périodiques.

Cette hypothèse des modifications progressives dans la direction des courants réguliers de l'atmosphère n'a rien d'in vraisemblable. Il est certain que le Sahara, aujourd'hui à peu près dépourvu de pluies, a été autrefois plus favorisé à cet égard. L'Algérie même, dans ses hauts plateaux, paraît actuellement plus sèche qu'au temps de la domination romaine. Plusieurs explorateurs ont cru remarquer que la zone de sécheresse gagne vers le nord sur la lisière septentrionale du Sahara vers l'Algérie (4), tandis que au contraire, la lisière méridionale, au voisinage du Niger, deviendrait progressivement plus humide, en sorte que la zone des pluies tropicales s'avancerait lentement vers le nord, refoulant devant elle la zone de sécheresse. N'y aurait-il pas là un balancement périodique des courants pluvieux venus de l'équateur et que le soleil entraîne à sa suite dans son mouvement apparent entre les tropiques? Ce balancement dans notre hémisphère, tantôt porterait lentement vers le nord, tantôt ramènerait vers le sud la limite des pluies tropicales. Cette hypothèse expliquerait bien des faits, mais il resterait à trouver la cause de ce balancement périodique.

En réalité, la météorologie est une science qui cherche à se constituer et dont on ne connaît bien jusqu'ici que les phénomènes à courte période, tels que la succession des saisons qui dépend des révolu-

(1) *L'Age des Étoiles* (Évolution sidérale). Discours prononcé en séance publique des cinq Académies à l'Institut, le 25 octobre 1887.

(2) J'insiste un peu plus longuement sur les faits de cet ordre en raison de leur influence plus immédiate sur les végétaux qu'on a considérés avec raison, à cause de leur immobilité, comme des enregistreurs vivants des phénomènes météorologiques.

(4) M. Ed. Blanc, inspecteur des forêts, qui a été chargé par le gouvernement français d'étudier les dunes de sable menaçantes pour les oasis du sud de la Tunisie et d'appliquer à leur contention des procédés analogues à ceux qui ont été employés en France pour fixer les dunes littorales du golfe de Gascogne, a constaté que le sud de la Tunisie est en voie de dessèchement progressif. Le contraste qui frappe aujourd'hui entre la richesse des oasis et la stérilité du désert environnant, n'existait pas à l'époque romaine; on en trouve la preuve dans les ruines très nombreuses et très éloquentes dont le désert actuel est parsemé.

tions de la terre autour du soleil. Mais rien ne prouve qu'il n'y ait pas de phénomènes météorologiques à période plus longue et aussi moins régulière dont l'observation n'ait point réussi encore à mettre en évidence la périodicité (1). On sait que les années de bonnes ou de mauvaises récoltes se succèdent, en se groupant, avec une certaine périodicité; or, comme la qualité des récoltes, en une même région, est sous la dépendance directe des phénomènes météorologiques, on est amené à se demander s'il n'y aurait pas un retour périodique de certains éléments climatiques spéciaux,

On a cru même voir une corrélation entre certaines manifestations météorologiques et le nombre des taches du soleil, ce nombre paraissant lui-même subir des variations périodiques. Ainsi, on sait que dans l'Inde certaines années sont complètement, ou à peu près, privées de pluies, et on a établi une corrélation entre ce phénomène et le nombre des taches solaires.

Il est fort probable que les phénomènes météorologiques comptent des variations à très longues périodes, comme celles qu'on croit observer, même dans les temps historiques, mais dont les enseignements de la géologie nous donnent surtout la preuve. M. Duponchel (2) a commencé des recherches dans cet ordre d'idées; malheureusement les données météorologiques que l'on possède ne représentent qu'une durée insignifiante par rapport à l'amplitude probable des périodes qu'il s'agit de mettre en évidence. Il paraît bien certain, cependant, que la température de notre globe ne dépend pas seulement de la position de la terre sur son orbite, mais encore de l'influence de périodes très amples dont les effets se surperposent, soit pour s'y ajouter, soit pour s'en retrancher, à ceux qui résultent de sa révolution autour du soleil. C'est ainsi que, sans la théorie élémentaire des saisons, qui place les variations de la température uniquement sous la dépendance de la position de la terre sur son orbite, le minimum devrait avoir lieu actuellement vers le 1^{er} janvier, tandis que les observations concordent pour démontrer que les plus grands froids sévissent d'ordinaire du 10 au 12 du même mois (Duponchel, *loc. cit.*). Il y a donc, de nos jours, une cause inconnue qui retarde le mini-

mum de température et qui, à d'autres époques, a pu l'avancer au contraire, ce qui modifierait d'une façon sensible la distribution des saisons.

Il paraît donc y avoir, d'après M. Duponchel, des variations de la température à période autrement longue, dont il resterait à trouver l'explication. Or, de même que la périodicité annuelle des variations saisonnières dépend d'un phénomène astronomique périodique, de même, on est arrivé à rechercher la cause de toute périodicité soupçonnée en météorologie dans une périodicité astronomique d'égale durée. Le seul phénomène sidéral de longue période qui soit bien connu et dont la durée ait été déterminée avec certitude, est la précession des équinoxes. C'est donc à ce phénomène qu'on recourt invariablement pour trouver des explications aux variations de climat que nous révèle l'histoire de notre globe. Mais il est vraisemblable que la météorologie (tout ce que nous savons permet de le présager) nous présentera dans l'avenir l'étude d'un grand nombre de phénomènes, à périodes de durée très inégale et probablement corrélatifs de phénomènes astronomiques de même période.

La physique nous présente la même périodicité dans les manifestations qui relèvent de son domaine. Tout le monde connaît l'importance des mouvements vibratoires (*acoustique* et *optique*): Ce sont là des phénomènes essentiellement périodiques s'effectuant suivant les mêmes lois que les petites oscillations du pendule. Or il est curieux, au point de vue qui nous occupe, de rechercher comment on est conduit à introduire, au point de vue mathématique, dans l'explication des mouvements vibratoires, ces fonctions périodiques. Si l'on suppose une molécule (*matérielle* ou *éthérée*) écartée très peu de sa position d'équilibre, sous l'action d'une impulsion extérieure, on admet qu'il se développe, dans le milieu environnant, une variation élastique, c'est-à-dire une force dirigée en sens contraire du mouvement imprimé à la molécule. On admet, en outre, que la grandeur de cette force est, à chaque instant, proportionnelle au déplacement de la molécule considérée; hypothèse certainement très près d'être exacte, puisque les déplacements de la molécule sont toujours très petits. Partant de là, on écrit l'équation différentielle du mouvement de la molécule, et, par de simples transformations mathématiques, on démontre que le mouvement doit être vibratoire périodique, de part et d'autre de la position d'équilibre. Ainsi donc, pour faire apparaître, par le calcul, l'équation d'un mouvement périodique, il suffit d'admettre: 1° l'existence d'une force antagoniste de l'impulsion initiale, force due à l'élasticité du milieu; 2° que la grandeur de cette réaction élastique est à chaque instant proportionnelle au déplacement. Cela

(1) Ces influences climatiques à périodicité très longue sont d'un puissant intérêt en ce qui touche à l'évolution végétale, car elles doivent exercer une action marquée sur la création des séries dont le thème morphologique reste à peu près uniforme, et sur la formation des séries parallèles qui ne seraient pour ainsi dire que la matérialisation vivante, l'inscription physiologique de ces phénomènes météorologiques, à rythme lent et continu qui se répètent sans cesse. Ils expliquent bien le parallélisme de l'évolution dans des continents placés sous des zones parallèles (comme l'Afrique et l'Amérique australes).

(2) *Les variations normales de la température.* — *Revue scientifique*, 1888.

étant admis, on trouve un mouvement périodique, et la légitimité des hypothèses employées est vérifiée *a posteriori* par ce fait que la notion des mouvements vibratoires périodiques permet d'expliquer de nombreux phénomènes acoustiques et optiques, comme les interférences et tout ce qui s'y rattache.

Dé même, nous verrons que, pour dégager la périodicité des processus vitaux, dans les êtres, il nous suffit d'admettre deux hypothèses : 1° l'impulsion initiale qui pousse certains êtres vers la progression organique et qui n'est limitée que par une force antagoniste, l'hérédité; 2° que cette hérédité (réaction élastique) est à chaque processus inversement proportionnelle à l'influence du temps et à l'action du milieu.

Les phénomènes chimiques semblaient, jusqu'à notre époque, ne comporter aucune manifestation périodique : cependant certaines généralisations, comme celle de Mendeléeff, ont introduit, d'une façon tout à fait inattendue, la périodicité dans les corps simples. Les idées du chimiste russe peuvent se résumer de la façon suivante : *Les propriétés physiques et chimiques des corps simples sont une fonction périodique de leur poids atomique*. Si on range, en effet, les éléments par ordre de poids atomiques croissants, on voit ces propriétés se modifier d'abord d'une façon continue, puis, à un moment donné, se reproduire périodiquement, si bien que les corps simples de la 2^e période présentent des propriétés analogues aux corps correspondants de la 1^{re} période et ainsi de suite. On peut même, en partant de ces idées, arriver à prévoir l'existence de corps simples encore inconnus, lorsque dans une des périodes on ne trouve pas de correspondant à ceux des autres périodes. C'est ainsi que Mendeléeff avait été amené, en constatant dans un de ses groupes périodiques une lacune correspondant aux corps de la famille de l'aluminium, à soupçonner l'existence d'un corps simple inconnu qu'il avait appelé à l'avance *ekaluminium* et dont il avait, à l'aide de la loi des modifications périodiques des corps simples, pu fixer à l'avance les principaux caractères physiques et chimiques. Quelque temps après, M. Lecoq de Boisbaudran, partant de considérations théoriques d'un autre ordre (*étude des spectres*), découvrait un corps simple, le *gallium*, dont les propriétés étaient, en effet, celles de l'*ekaluminium* de Mendeléeff. Le *Germanium* est venu ensuite occuper une place vide dans le groupe des corps tétratomiques.

Il existe malheureusement encore de nombreuses dérogations partielles à cette loi (*oxygène et uranium*, p. ex.) (1) et elles portent grand tort à l'adoption des

idées de Mendeléeff; mais, malgré les anomalies de détail dont nous aurons peut-être un jour l'explication, on ne peut, en considérant l'ensemble des faits, échapper à la conviction qu'on se trouve en présence d'une grande loi naturelle (1). Quelle en serait l'interprétation philosophique?

Puisque les propriétés des éléments sont une fonction de leur poids atomique et que ce poids semble dépendre du degré de condensation de la matière, on est arrivé naturellement à se demander si tous les corps simples ne proviendraient pas du groupement variable d'une matière primordiale unique, comme tous les êtres proviennent d'une seule cellule. Et comme les propriétés de ces corps se reproduisent périodiquement, il se pourrait que cette matière primordiale, dans sa condensation progressive, modifiât d'une façon périodique le groupement et la distribution de ses molécules, de façon à reproduire périodiquement une structure analogue d'où résulterait la reproduction périodique des mêmes propriétés. Ces mêmes déductions philosophiques peuvent, comme je l'ai établi déjà (*Revue Scientifique* 1886), s'appliquer à l'évolution végétale en prenant pour base la périodicité de structure et la condensation des parties, phases dont les manifestations sont évidentes dans les grands embranchements.

Après avoir examiné la périodicité dans les propriétés des corps simples, il est naturel de se demander si l'on ne retrouverait rien d'analogue dans les corps composés. Il convient, pour faire utilement cette recherche, de s'adresser à la chimie organique, qui, seule, présente des séries suffisamment étendues pour rendre cette étude possible. Telles sont, par exemple, les séries que nous offrent les hydrocarbures (*Carbures forméniques* $C^n H^{2n+2}$ et éthyléniques $C^n H^{2n}$ principalement), les diverses séries d'alcools homologues, d'acides, etc. Si on prend une de ces séries homologues, c'est-à-dire une de ces séries dont les termes successifs diffèrent par CH , et si on suppose les termes de cette série rangés par ordre de *poids moléculaires croissant*, on remarque une modification régulière et continue des propriétés physiques, mais

même ligne horizontale, tandis que pour vérifier la loi de Mendeléeff, ils devraient se correspondre sur une même ligne verticale, car ces deux métaux présentent d'étroites analogies de propriétés. A moins qu'on n'arrive à démontrer qu'ils sont l'un et l'autre une modification allotropique d'un seul même corps simple, il y a là évidemment encore une objection aux idées de Mendeléeff.

(1) Il serait bien désirable que l'étude plus approfondie des séries dont j'ai esquissé les grandes lignes dans les grands groupes de plantes aujourd'hui vivantes (voir *Revue Scientifique* : Les plantes et la théorie de l'évolution, mars 1886, p. 339) permit de dégager une loi biologique comparable, même avec ses imperfections, à celle de Mendeléeff. On retrouverait peut-être ainsi quelques-uns des nombreux termes de ces séries encore paléontologiquement inconnus ou ayant disparu sans laisser de traces dans les révolutions et les tourmentes géologiques.

(1) Le nickel et le cobalt qui ont à peu près le même poids atomique, doivent être rangés l'un à côté de l'autre sur une

cette variation n'offre aucune trace de périodicité. C'est ainsi que les points d'ébullition et de fusion s'accroissent régulièrement, quand le poids moléculaire s'élève, et s'augmentent quelquefois d'un même nombre de degrés par chaque addition de CH à la molécule. Aussi, les premiers termes de la série sont-ils gazeux ou liquides à la température ordinaire, tandis que les plus élevés sont à l'état solide. Il suffit de citer, par exemple, la série des carbures forméniques. Ces modifications des propriétés physiques des composés homologues parallèles à l'élévation du poids moléculaire ont été mises en évidence par les travaux de Kopp, et d'autres chimistes. Mais on ne voit apparaître dans les séries aucune trace de retour périodique de mêmes propriétés, du moins de celles qui ont été étudiées dans ces séries, telles que la fusibilité et la volatilité. Il paraît y avoir modification continue dans le même sens, mais non variation périodique.

On peut cependant, sur ces séries de la chimie organique, relever quelques faits généraux intéressants qui trouvent leur pendant dans les séries végétales et animales. Si on considère plusieurs séries de composés homologues, appartenant à des fonctions distinctes, on voit souvent apparaître, à des niveaux correspondants de ces séries, des propriétés analogues. Il suffit de comparer, par exemple, les termes condensés de la série des carbures forméniques (dont le mélange tel quel ou plus ou moins oxydé fournit les *paraffines* et les *vaselines*) avec les termes supérieurs des alcools monoatomiques saturés ou leurs éthers (*blanc de baleine*) ou avec les acides gras de poids moléculaire élevé (*acide stéarique*), etc., ou leurs éthers glycériques. Il y a, dans cette correspondance des propriétés physiques, une analogie remarquable avec les faits morphologiques et chimiques que j'ai relevés dans les termes correspondants des séries végétales parallèles.

La chimie nous offre donc, du moins en ce qui concerne les corps simples, la trace des principaux stades évolutifs auxquels obéissent les êtres vivants : *périodicité, répétition des parties homologues, condensation de ces parties, parallélisme de séries et analogie des termes correspondants de ces séries.*

Si, comme j'ai essayé de le démontrer, la plupart des phénomènes cosmiques, physiques et chimiques, sont soumis aux lois de la périodicité, quoi d'étonnant que ces agents, qui président à la vie terrestre et en règlent la physiologie aient profondément empreint de ce caractère rythmique toutes les manifestations biologiques de notre planète (1) ?

(1) Il me serait facile d'établir, par de nombreux exemples, que le rythme a présidé à l'évolution de phénomènes sociaux et au développement de la conscience humaine; je me bornerai

C'est sous l'influence de ces faits généraux dont je viens de donner la rapide esquisse, que j'ai été amené à rechercher, dans l'évolution végétale, les modalités du rythme et d'en faire une des principales bases de la méthode évolutive appliquée aux plantes. Cette étude m'a conduit à certaines séries parallèles (1) qui résultent de l'application à la science des végétaux de cette loi de périodicité dont la mise au jour a éclairé d'une vive lumière dans mon esprit la marche de l'évolution végétale, dès que j'ai pu la dégager sans effort des phénomènes physico-chimiques auxquels la nature vivante est subordonnée.

Cette loi du rythme, qu'on le remarque bien, laisse subsister le libre jeu d'une autre loi, indépendante d'elle, et qui préside à la progression constante et à la complication croissante des êtres. A mon sens, tout ce qui vit à la surface du globe est soumis à un double mouvement progressif comparable à celui dont se meut la terre autour du soleil : les êtres animés avancent vers la complication structurale en tour-

à quelques faits, ces recherches étant absolument étrangères au sujet principal que je veux traiter ici.

Pendant longtemps, l'humanité se représentait sa propre histoire comme un mouvement continu de décadence. Née au milieu des délices de l'âge d'or, elle se serait enfermée peu à peu dans les misères de l'âge de fer. De nos jours, une croyance contraire est passée presque à l'état de dogme. Depuis le milieu du siècle dernier surtout, et en particulier depuis que Condorcet a énoncé la théorie du progrès indéfini, l'homme aime à placer l'âge d'or dans l'avenir au lieu de le chercher dans le passé, à l'aurore même de sa vie. Au fond, ces deux croyances sont également contraires aux faits connus. L'humanité semble soumise à un mouvement de flux et de reflux, à une sorte de balancement périodique, qui n'est pas incompatible, du reste, avec un mouvement général de progrès absolument indéniable au moins dans le domaine des améliorations matérielles et de l'investigation scientifique. Mais, dans d'autres domaines, comme celui de la moralité, elle paraît bien réellement osciller autour d'une moyenne invariable, peut-être même avec tendance générale au recul. Il paraît bien probable, en effet, que les progrès de ce qu'on appelle la civilisation s'achètent au détriment de la moralité moyenne des peuples, et même des individus. Il y a du reste, visiblement dans ce domaine de la moralité, un balancement périodique dont on peut citer des exemples dans l'histoire. Le grand mouvement d'où sortit le christianisme, au commencement de notre ère, était à beaucoup d'égards une sorte de réaction du sentiment moral de l'humanité contre la corruption de la vieille société païenne. L'abnégation et le courage surhumains dont tant d'hommes firent preuve en sacrifiant, à cette époque, leur repos, leur fortune ou leur vie à un idéal élevé (*la glorification de la charité et de la virginité*) contrastent si étrangement avec les doctrines des sociétés grecque et romaine sur ce point, qu'on est tenté de voir dans la renaissance morale dont cette époque témoigne, comme une protestation de la conscience humaine contre la corruption d'une société presque sans idéal et sans moralité. Un philosophe italien du siècle dernier, Vico, paraît avoir eu le premier l'idée de mouvements périodiques dans l'évolution sociale. Il admettait un cycle de trois périodes successives qui se reproduiraient fatalement. Sans aller jusque là, il semble que l'idée d'une certaine périodicité dans les phénomènes sociaux paraît devoir être conservée.

(1) Voir *Revue Scientifique* : Les plantes et la théorie de l'évolution, mars, 1886, p. 339.

nant périodiquement sur eux-mêmes, et, dans ce mouvement, ils enfantent des séries parallèles qui sont la matérialisation de la périodicité des agents physico-chimiques auxquels ils doivent la vie. .

EDOUARD HECKEL.

