
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

9105 / B27

113 954

GENÈSE SELON LA SCIENCE.

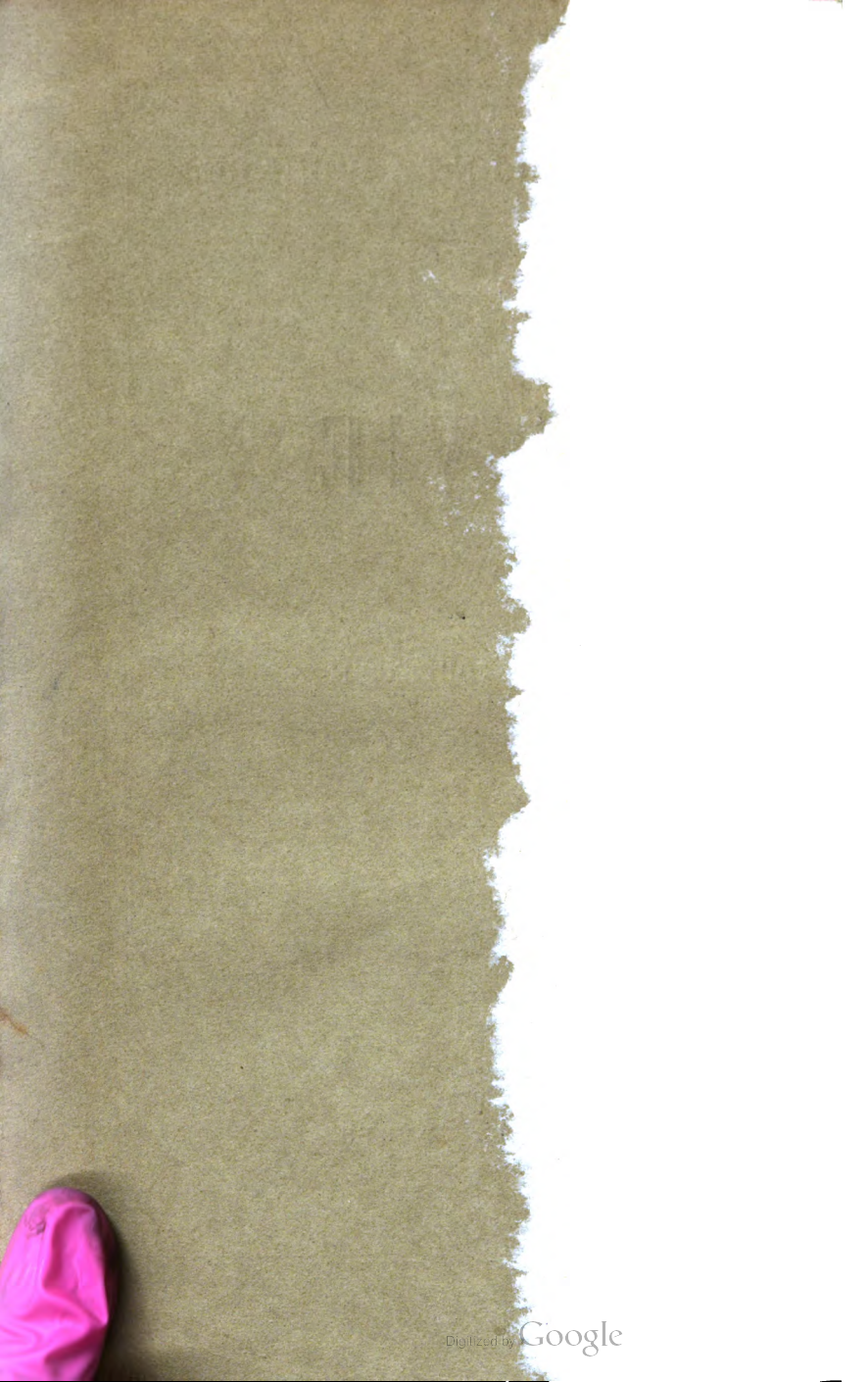
LA VIE

PAR

PAUL DE JOUVENCEL.

Paris
GARNIER FRÈRES
Rue des Saints-Pères, 6.

—
1859



Handwritten signature or mark

LA VIE.

Imprimerie de J. H. BRIARD, rue aux Laines, 4, à Bruxelles.

GENÈSE SELON LA SCIENCE.

LA VIE

PAR

PAUL DE JOUVENCEL.



Paris.

GARNIER FRÈRES

Rue des Saints-Pères, 6.

—
1859





Sur le titre de ce livre, on ne doit point s'attendre à voir se dévoiler à la fois tous les grands mystères. Cependant ce titre n'est pas trompeur; c'est bien de la vie qu'il s'agit.

Sans doute, le jeune lecteur ne trouvera pas ici réponse à toutes les questions qu'il peut s'être posées sur ce sujet, mais il trouvera souvent mieux qu'il n'avait désiré; il n'apprendra point tout ce qu'il espérait, mais il apprendra beaucoup de choses qu'il ne supposait même pas que l'on pût connaître.

II

Il ne faudrait pas juger cet ouvrage par comparaison avec l'idée que l'on pourrait s'être faite d'un précis de la science des botanistes et des zoologues. Nous n'avons point pour objet d'enseigner la botanique (1) ni la zoologie (2); en expliquant les résultats supérieurs de chaque science, notre but n'est pas d'apprendre au lecteur ces résultats pour eux-mêmes, mais de conduire par eux le lecteur à d'autres résultats plus généraux.

Ces résultats derniers, dont la déduction formera la partie de cet ouvrage qui nous sera le plus personnelle, sont liés tous ensemble à la végétation, et plus encore à l'animalité. — Notre étude sur la *série* en est le premier terme.

Considérées en elles-mêmes, la botanique et la zoologie, telles qu'elles sont aujourd'hui constituées, n'enseignent pas les résultats dont je parle; bien au contraire, elles en éloignent, car dans ces sciences les mots cachent souvent les choses, et les faits sont groupés parfois de manière à enfermer l'esprit dans une connaissance incomplète, sinon fausse.

On ne s'étonnera donc point que nous procédions autrement que les naturalistes.

(1) Science qui traite des végétaux.

(2) Science qui traite des animaux.

On ne s'étonnera point que, nous étendant beaucoup là où la science est faite, nous soyons fort court et parfois muet dans les parties où la science n'est pas faite. Nous écartons ainsi bien des chances d'erreurs.

Nous aurions voulu pouvoir consacrer deux années de plus à l'exécution de ce livre ; mais nous avons encore cinq autres livres semblables à terminer. Tel qu'il est, nous osons espérer que son utilité suffira à faire excuser ses imperfections.

Quant à la marche que nous avons adoptée, nous l'expliquerons par une comparaison.

Si l'on avait à rechercher les proportions d'un édifice immense détruit depuis des mille ans, et dont les débris formeraient un amas énorme, on ne devrait pas tenter follement de replacer chaque pierre, un trop grand nombre parmi elles n'ayant plus ni figure ni indication quelconque. Il serait plus expédient de choisir, dans ces débris, ceux dont la forme et la nature ne laisseraient aucun doute sur leur place et leur destination dans l'édifice tombé, et de se borner à ceux-là seulement. On serait ainsi assuré de retrouver, non pas l'édifice entier, ni même ses lignes exactes, choses de toute manière impossibles, mais un ensemble de données certaines sur son plan et ses dispositions principales.

C'est à ce procédé que nous nous sommes attaché pour restituer l'histoire des développements du globe et de l'organisation : peu de faits, mais certains.

Nous ne dirons presque rien des divers systèmes et des anciennes hypothèses, quelle que soit leur célébrité. Nous n'essayons ici ni l'histoire de la science ni le redressement des erreurs. Nous recherchons les faits incontestés et les explications démontrées ; et lorsque les théories sont encore hypothétiques, nous nous bornons à celle qui paraît le mieux établie. — Quelquefois nous osons proposer des explications nouvelles.

Nous eussions aimé dire la part de chacun et de tous dans l'œuvre de la science moderne. Il eût été intéressant de raconter les circonstances bizarres, imprévues presque toujours, où se sont révélés les grands faits primordiaux dont l'acquisition a, coup sur coup, tant reculé les limites du savoir humain. Cette histoire des découvertes est toute à faire (1). C'est un livre merveilleux dont les éléments, aussi nombreux qu'épars, appellent un écrivain. Il devra dire ce que l'expérience et l'observation du matelot, du laboureur, du forgeron, du dernier manœuvre, apportent incessamment d'aide aux hommes spéciaux et aux esprits synthétiques. Ah !... dans les batailles, lorsque plusieurs milliers d'hommes ont arraché par des efforts héroïques et même ont payé de leur vie un succès militaire, le général qui les commandait reçoit la récompense historique ; on dit de lui : il vainquit tel jour.

(1) Indiquons cependant le livre de M. Figuiet, sur l'électricité, comme un très-bon chapitre de cette *histoire des découvertes*.

De même, lorsque nos travailleurs obscurs ont amassé laborieusement les observations et les expériences, un dernier venu, tôt ou tard, rassemble, coordonne leurs résultats ignorés, proclame une vérité!..... et l'on dit de lui : Il a découvert telle chose.

Cela est fatal, inévitable à la bataille du travail comme à toute autre bataille ; mais il faut le rappeler à l'honneur des légions d'obscurs chercheurs, pour l'attestation de la solidarité humaine et pour que justice soit faite.

Il y aurait aussi à dire comment les erreurs elles-mêmes, les légendes, les contes de grand'mère, excitant l'attention et la critique de l'homme moderne, l'ont conduit souvent à des découvertes.

Cette histoire des découvertes serait un des rares ouvrages des bibliothèques de l'avenir — où l'on trouvera si peu de nos livres actuels.

Non, nous ne devons pas faire ici place à *l'anecdote*, qui eût pourtant prêté quelque attrait à notre discours. Les nécessités logiques sont aussi inévitables que les effets des forces cosmiques. Nous aurions voulu faire un livre attachant, sinon aimable; mais, dans ce développement simultané de tant d'horizons, nous devons sévèrement écarter tout ce qui pourrait distraire l'attention du lecteur des grands sujets que nous lui proposons.

III

Il nous faut poursuivre un ferme raisonnement à travers les doutes et les discussions, et dégager d'un monceau de livres trois cents pages méthodiques et claires.

Il nous faut ouvrir un chemin rapide à travers les roches entassées tour à tour par Pluton et Neptune, et appeler en témoignage la foule immense des vivants et les restes pétrifiés des morts.

Assises énormes de cette architecture planétaire tant de fois brisée et rétablie, parlez-nous de l'océan de feu qui gronde partout sous nos pieds, et racontez-nous les naufrages périodiques des hémisphères.

Ossements blanchis dans le sépulcre immense, êtres terribles dont les fantômes troublèrent les rêves des païens, dites-nous votre âge effrayant et tout ce que vous savez encore des temps évanouis.

Venez, pour l'instruction du plus merveilleux et du plus misérable d'entre vous tous, venez raconter à l'homme ignorant, et coupable parce qu'il ignore, l'histoire imposante et sacrée de ses prédécesseurs et de ses ancêtres.

Observation sur les renvois.

Tous les renvois dont le n° d'ordre est inférieur au n° 157, par lequel commence ce volume, se rapportent au premier volume, *les commencements du monde, Genèse selon la science*, qui se termine au n° 156.

Les chiffres enfermés dans des () se réfèrent aux pages de l'introduction du premier volume.

Les chiffres enfermés dans des [] se réfèrent au n° d'ordre des paragraphes.

Ainsi, *anormal* (48), signifie que c'est dans l'introduction, à la page 48, qu'il faut chercher l'explication du mot *anormal*.

Ainsi, *polyédrique* [136g], signifie que c'est au n° 136g qu'il faut chercher, dans le premier livre, l'explication du mot *polyédrique*.

GENÈSE SELON LA SCIENCE.



MOLÉCULE ORGANIQUE.

VÉSICULE ÉLÉMENTAIRE.

[157] Entre toutes les combinaisons [92] que peuvent former les substances, la plus remarquable est la combinaison qui constitue la *molécule organique*, c'est-à-dire la molécule élémentaire des êtres organisés [158*b*].

La substance originaire que composent ces molécules, dont nous rechercherons ailleurs la composition, ne cristallise pas en forme polyédrique [136*f*]; elle revêt la forme d'une vésicule (1) extrêmement petite.

Cette vésicule est douée d'une grande faculté d'absorption, notamment à l'égard des gaz et de l'eau, et cette faculté ne peut être considérée autrement que comme un cas particulier de l'attraction élémentaire [33].

Cette vésicule est en outre douée de la faculté d'élaborer (2) les gaz et l'eau, c'est-à-dire de retenir, par exemple, le carbone de l'acide carbonique qu'elle a absorbé, et de le combiner avec l'eau. Cette faculté ne peut être considérée autrement que comme un cas particulier dépendant des mêmes causes générales d'où résultent toutes les autres combinaisons. De cette élaboration ré-

(1) Petite vessie, sphéroïde creux [24*u*].

(2) Elaborer : préparer un produit par un long travail.

sulte la production de nouvelles molécules organiques, et, à la paroi intérieure ou extérieure de la vésicule élaborante, la formation de vésicules semblables à la première, qui tiennent à la première par un point d'attache que l'on a nommé *hile*.

Dans cette petite vésicule est donc contenu le *mystère* de la vie.

Disons-le dès maintenant, elle est le point de départ de tous les êtres vivants; elle est l'élément constitutif de toutes les formes qu'ils nous présentent.

Et par sa faculté d'absorption, d'élaboration, de développement et de reproduction, elle apparaît même comme le symbole et le type de l'être organisé vivant.

LA VÉGÉTATION.

[158] On ne saurait tenter de définir la végétation, ni le végétal.

Mais une impossibilité de définir n'est pas incompatible avec une *connaissance* même parfaite. Tout le monde connaît le *bleu*, le *rouge*, par exemple, et personne ne saurait les définir.

Très-peu de choses sont susceptibles d'une définition précise et qui comprenne tous les éléments distinctifs de la chose dont on veut communiquer la notion. Ces choses sont pour la plupart des formes ou des rapports très-simples. Ainsi, on définit bien un triangle (24*k*), on définit bien le rapport du centre à la circonférence (24*n*).

Quant à la végétation en général, qui comporte une immense variété de formes et de rapports complexes (1),

(1) Complexe signifie : qui embrasse plusieurs choses différentes.

l'impossibilité d'en donner une idée en trois lignes est évidente.

Chercherait-on à isoler dans une définition la forme, l'idée particulière d'un végétal déterminé? Si c'est le plus élémentaire, on ne définira que lui; si c'est le plus complet, on ne définira encore que lui: tous les autres végétaux resteront donc en dehors de la définition, qui, par conséquent, ne fera pas connaître le type végétal, en supposant que ce type existe.

Mais par des études successives et séparées, des rapports complexes et des enchainements de formes que nous pouvons observer, on parvient à connaître la végétation.

[158a] Partout où la végétation est fort active, au bord d'une forêt, par exemple, non-seulement on remarque des espèces bien différentes et qui par leur aspect seul, — depuis l'humble mousse jusqu'au grand arbre, — nous donnent le sentiment de degrés très-divers de perfection; mais on voit encore que, dans chaque individu d'une même espèce, — depuis le petit chêne à deux feuilles jusqu'au vieux centenaire qui couvre cent mètres carrés de son ombre, — le développement de l'être est inégal et varié.

Examinons d'abord la constitution d'un végétal très-parfait et parvenu à un grand développement; par exemple, un chêne de cinquante ans (fig. 1).

Au premier coup d'œil, on y reconnaît des parties différentes sous tous les rapports: les racines, le tronc, les branches, les feuilles.

Toutes ces parties, dans le chêne comme dans tout autre végétal, sont composées de vésicules [157] qui, en botanique, sont plus particulièrement appelées *cel-*

lules (1). Mais ces vésicules, originaires sphéroïdales, prennent, dans l'intérieur des organes, des formes diverses par suite de la pression plus ou moins grande, plus ou moins régulière, qu'elles exercent les unes sur les autres.

La rapidité avec laquelle les cellules végétales se multiplient est très-grande, surtout dans certaines espèces inférieures. On a calculé que certains champignons peuvent produire, en une minute, environ vingt mille cellules nouvelles.

[158b] Les racines rayonnent et s'enfoncent dans la terre. Le tronc s'élève au-dessus du sol, et à une certaine hauteur il se ramifie, c'est-à-dire, étend des branches autour de lui. Chaque branche se ramifie d'une manière analogue, et, dans nos climats, en été et en automne, les ramifications sont couvertes de feuilles d'un beau vert. De plus, à l'époque où la végétation de l'arbre est dans toute sa vigueur, il se couvre de fleurs (les chatons, fig. 2) et, par suite, de fruits (les glands, fig. 3).

Toutes ces parties, si différentes d'aspect, d'étendue, etc., diffèrent encore par le rôle qu'elles jouent dans la vie du végétal. Ce rôle, cet emploi de chaque partie, est appelé *fonction*.

Chaque partie distincte, douée ainsi d'une fonction, est appelée *organe*.

Et, en général, l'être dans lequel on aperçoit ainsi des organes doués de fonctions est appelé *être organisé*.

Étudions d'abord les organes de notre chêne.

(1) On les appelle aussi *utricules*, c'est-à-dire *petites outres*.

On sait qu'une *outre* est formée de la peau entière d'un animal. Cette espèce de sac est très-employée encore dans beaucoup de pays pour enfermer et transporter des liquides.

[158c] Le tronc, à partir de la surface du sol jusqu'aux premières branches, est à peu près cylindrique, et il est revêtu d'une écorce brunâtre, fendillée, rugueuse.

Scié horizontalement, ce tronc montre, au centre, un cercle très-étroit qui, par la consistance et la couleur, diffère du reste : c'est la *moelle*. Tout autour de la moelle s'étend une large zone foncée très-dure : c'est le *cœur* ou *bois parfait*. Entre cette zone et l'écorce se trouve une zone moins épaisse, moins dure et plus pâle, qu'on appelle l'*aubier*. Entre l'aubier et l'écorce on trouve un mince réseau filamenteux qui est le *liber*. Au delà du liber on trouve l'*écorce*, et enfin, par-dessus l'écorce, tout à l'extérieur du tronc, on trouve l'*épiderme*.

Le tronc, ce grand organe cylindrique d'une apparence extérieure si simple, est donc composé d'un grand nombre de parties emboîtées les unes dans les autres, qui, chacune, sont elles-mêmes des organes distincts.

La moelle, au microscope (1), se montre toute composée de cellules ; celles du centre sont plus grosses que celles des bords de la moelle. Elle est enveloppée d'un certain nombre de *fibres*, c'est-à-dire de cellules très-allongées, et de *vaisseaux*, c'est-à-dire de longs conduits

(1) Tout le monde connaît la *loupe* ordinaire et les verres de besicles qui font apparaître les objets avec des proportions plus grandes que les proportions sensibles à nos yeux.

La microscope est un admirable instrument qui, par une combinaison des effets de plusieurs *verres grossissants*, nous fait distinguer les parties les plus déliées d'objets très-petits.

Les grossissements de quinze cents fois environ en *diamètre*, les plus forts que l'on ait obtenus jusqu'ici, donnent un grossissement de deux millions deux cent cinquante mille fois environ en *surface*. Ainsi, sous ce grossissement, un point (•) paraîtrait grand comme la table d'un guéridon.

d'un diamètre extrêmement petit, et la plupart formés, sans doute, d'une suite de cellules perforées. Ces vaisseaux et ces fibres forment autour de la moelle un étui très-mince que l'on nomme *étui médullaire*.

La zone large, foncée et dure, de bois parfait, qui environne la moelle, est composée de fibres et de vaisseaux disposés en cercles concentriques [24n]. La zone d'aubier est également formée de fibres et de vaisseaux, mais beaucoup moins pressés et moins incrustés de ligneux [158r] que ne l'est le bois parfait. On compte sur la section du tronc autant de cercles concentriques que l'arbre a vécu d'années, et il est démontré que chaque année il se forme ainsi une nouvelle zone de bois. Ces zones annuelles varient d'épaisseur selon que les années ont été plus ou moins favorables à la végétation, et dans un bon terrain elles sont plus épaisses.

L'écorce elle-même, comme le tronc qu'elle recouvre, est formée de couches concentriques; mais ces couches annuelles sont plus minces que celles du bois et d'une composition différente. Sur ce point, les détails seraient inutiles à notre objet.

L'épiderme, *membrane* (1) transparente qui recouvre l'écorce et tout le végétal, et que l'on détache assez facilement des feuilles et des jeunes pousses, est formée de deux parties distinctes : l'une, extérieure, est une pellicule très-mince; l'autre, intérieure, se compose d'une couche de cellules aplaties et juxtaposées, c'est-à-dire jointes par leurs bords comme une mosaïque.

Il existe encore des doutes sur le mode de développement des organes partiels dont se compose le tronc dans

(1) On appelle ainsi, en général, les tissus organiques minces.

son ensemble ; mais il est indubitable qu'à l'origine ils proviennent de cellules extrêmement petites, qui, en se multipliant, s'ajoutant et s'emboitant, forment toutes les parties du tronc. A tous les âges du végétal, le microscope rend cette structure originelle évidente. Les doutes ne portent, je le répète, que sur les modes selon lesquels ces cellules s'ajoutent et se relient pour composer les tissus, les vaisseaux, etc.

[158*d*] L'examen d'un très-jeune rameau (fig. 9) suffit à faire comprendre la formation des branches. On voit qu'en général [158*x*], il part de l'aisselle *a* d'une feuille, *b* ; et à l'aisselle de chaque feuille qu'il porte lui-même, on voit un petit bouton *c*, destiné à former un nouveau rameau l'année suivante. Ce petit bouton s'appelle *bourgeon*. Les branches qui garnissent le tronc sont ainsi nées autrefois à l'aisselle d'une feuille. Ces branches se développent, s'allongent et grossissent de la même manière que le tronc ; leur section montre les mêmes parties et la même disposition que dans le tronc, mais on y compte d'autant moins de zones concentriques que leur formation est plus récente. Si, par exemple, une branche est née quand le tronc avait déjà cinq ans, on y comptera cinq zones de moins que dans le tronc.

[158*e*] Les racines dans leur ensemble présentent une disposition assez analogue à celle du tronc et des branches ; c'est-à-dire que si l'on compare la moitié supérieure du tronc, portant ses branches et ses rameaux, avec la partie inférieure du tronc d'où s'étendent ses racines, ces deux moitiés du végétal sont fort ressemblantes.

La racine principale *d* qui correspond au prolongement aérien *e* du tronc est appelée *pivot* ; elle se ramifie, mais non point comme la tige aérienne. 1° Dans celle-ci

l'insertion (1) des feuilles détermine la disposition des rameaux, puisque les bourgeons qui donnent naissance aux rameaux se trouvent à l'aisselle des feuilles. La régularité avec laquelle celles-ci sont disposées détermine donc la disposition régulière des rameaux; tandis que les racines ne portent point de feuilles, et leurs ramifications ne sont point régulières comme celles de la tige aérienne. 2° Les rameaux croissent, comme les tiges, à la fois en longueur et en largeur, de sorte que la distance entre deux entre-nœuds d'une pousse augmente pendant toute la croissance de cette pousse; tandis que la distance entre deux ramifications d'une racine n'augmente point avec le temps. Chaque tronçon de racine croît donc en grosseur, mais non en longueur. La cause de cette différence est facile à saisir. Pour les tiges aériennes aucun obstacle ne s'oppose à la croissance des tronçons en longueur; tandis que la masse des terres placées au-devant de chaque bifurcation des racines oppose un obstacle insurmontable à l'allongement des tronçons.

Les ramifications des racines, surtout vers leurs extrémités, sont garnies de *fibrilles*, sorte de fils blanchâtres auxquels on a donné le nom de *chevelu*. Il se flétrit sur les vieilles racines et se reproduit sur les extrémités des racines les plus jeunes.

L'organisation des racines est assez différente de celle des rameaux. On n'y trouve, en général, point de moelle; elles offrent, comme le tronc et les rameaux, des cercles concentriques de fibres et de vaisseaux, une écorce, un

(1) Du verbe *insérer*, attacher, introduire. En anatomie, insertion, signifie : *attache d'une partie sur une autre*.

épiderme; mais l'ensemble des tissus est plus serré, plus compacte, plus gorgé de suc; leurs ramifications sont tantôt plus tortueuses, tantôt plus allongées que celles des branches, et ces ramifications souterraines ne paraissent pas suivre la même loi que les ramifications aériennes. Les fonctions des racines, la terre qui les presse, les obstacles qui s'opposent souvent à leur développement rectiligne (1), ou les circonstances particulières qui les favorisent, expliquent ces différences.

Néanmoins, ces différences entre les parties aériennes et les parties souterraines de notre chêne n'empêchent point qu'au total l'arbre aérien et l'arbre souterrain n'offrent une assez grande ressemblance; et si d'un côté de la tige aérienne les rameaux sont plus développés que de l'autre côté, d'ordinaire le développement des racines offre la même inégalité semblablement disposée. Cette remarquable relation entre les deux parties du végétal se manifeste clairement lorsqu'une branche principale est brisée ou coupée; alors les racines correspondantes souffrent et même périssent; et lorsque par la taille on modifie la forme de l'arbre aérien, peu à peu l'arbre souterrain prend une forme semblable.

[158f] Les feuilles du chêne (fig. 9) présentent deux parties distinctes : le *limbe*, c'est-à-dire la partie longue, large, plate et festonnée, et le *pétiole* *b* que l'on nomme vulgairement la queue (2).

(1) C'est-à-dire *en droite ligne*. De *recte*, mot latin qui signifie *droit*.

(2) Chez beaucoup de végétaux, tels que le rosier, ce pétiole est élargi à sa base de manière à entourer plus ou moins le rameau où il s'insère. Cet élargissement du pétiole se nomme *gaine*, et ces sortes de feuilles sont dites *engainantes*. Souvent aussi on trouve de chaque côté du pétiole de petits appendices, de formes très-diverses, auxquels

Ainsi que tous les autres organes du végétal, la feuille et son pétiole sont composés de cellules, de fibres et de vaisseaux. Le microscope fait voir comment ces fibres et ces vaisseaux émanent du rameau, se réunissent pour former le pétiole et divergent ensuite pour former le limbe.

La feuille est parcourue dans son milieu par le faisceau principal de ces fibres et de ces vaisseaux qui forment la *nervure médiane d d d*. De chaque côté de ce faisceau principal, des faisceaux secondaires rayonnent et s'étendent jusque vers les bords de la feuille dont ils forment les *nervures d e*; ces faisceaux secondaires donnent eux-mêmes naissance à de nombreux petits vaisseaux qui parcourent la feuille en tous sens et *s'anastomosent* (1) entre eux. Chaque face de cet appareil *vasculaire* (2) est garnie d'une couche de cellules qui forment le *parenchyme*; et les deux *pages*, c'est-à-dire le dessus et le dessous de la feuille, sont recouvertes par l'épiderme.

Les cellules du parenchyme de la feuille sont remplies de petits granules verts auxquels elles doivent leur couleur. Ces granules, dont l'importance est grande dans la vie du végétal, sont composés d'une substance à laquelle on a donné le nom de *chlorophylle* [158t].

Quelle que soit la position du rameau auquel elles appartiennent, quelque changement que l'on opère dans la direction d'un rameau, les feuilles du chêne, et de tous

on a donné le nom de *stipules*. Les feuilles sont alors dites *stipulées*. Chez les feuilles du rosier, les stipules sont pointus comme de petites lames de couteau qui s'écartent de chaque côté du pétiole.

(1) *Anastomose*, abouchement d'un vaisseau dans un autre. Deux vaisseaux *s'anastomosent* lorsqu'ils s'embouchent l'un dans l'autre.

(2) *Vasculaire*, c'est-à-dire formé de vaisseaux.

les végétaux, tordent et infléchissent leur pétiole de manière à tourner leur page supérieure vers le ciel et leur page inférieure vers la terre; elles prennent cette direction dans l'obscurité aussi bien qu'à la lumière, et s'y retournent de même au besoin pour la reprendre.

Mais en outre, les feuilles tendent à présenter leur face supérieure vers la lumière. Si dans une chambre la lumière leur vient d'un seul côté, elles se tourneront toutes de ce côté; et si l'on retourne le vase qui contient la plante, les feuilles se retourneront bientôt vers le côté d'où leur vient la lumière.

Cette double tendance existe aussi chez les racines et les tiges.

Dans l'obscurité comme à la lumière, les tiges tendent vers le ciel et les racines vers la terre. Et si une plante qui végète dans un verre d'eau est placée dans une chambre éclairée d'un seul côté, sa tige s'infléchit de ce côté, et ses racines s'infléchissent en sens contraire. Il y a donc analogie entre une tige et la page supérieure d'une feuille, entre une racine et la page inférieure d'une feuille.

Mais, chose remarquable, la lumière n'agit ainsi sur les tiges et les racines que par ses rayons bleus, indigo et violets [65]. « Dans une chambre éclairée par une lumière jaune, orangée ou rouge, la plante se comporte comme dans l'obscurité, quelle que soit l'intensité de la lumière, c'est-à-dire que ni la tige ni les racines ne s'infléchissent. »

[158g] L'arrangement des feuilles sur les tiges végétales mérite beaucoup d'attention.

On appelle *nœuds* les points d'une tige, d'un rameau, où sont attachées les feuilles, et on appelle *entre-nœuds* les

intervalles nus qui se trouvent entre ces points. Selon les espèces, chaque nœud porte une ou plusieurs feuilles ; dans le chêne, il n'en porte qu'une. Au reste, dans l'ensemble des espèces végétales, le cas où chaque nœud ne porte qu'une feuille est le plus ordinaire.

Pour un grand nombre d'espèces, la régularité de l'arrangement des feuilles est facile à reconnaître. Tels sont les cas où les feuilles sont *alternes*, c'est-à-dire situées alternativement de chaque côté de la tige : exemple, le tilleul ; ou *opposées*, c'est-à-dire prenant naissance à la même hauteur vis-à-vis l'une de l'autre : exemple, le lilas.

Or, chez beaucoup de végétaux, tels que le chêne, où chaque nœud ne porte qu'une feuille, ces feuilles se présentent de tous les côtés de la tige, sur laquelle, au premier abord, elles paraissent éparses.

Mais si l'on suit avec attention l'ordre d'insertion des feuilles, on voit qu'elles suivent une ligne spirale [24r] autour de la tige et que le nombre des feuilles insérées sur un tour de spire est le même d'un bout à l'autre de la tige.

Le nombre des feuilles insérées sur un ou plusieurs tours de spire varie selon les espèces ; mais, quel qu'il soit, il est généralement le même sur toutes les branches d'un individu et sur tous les individus d'une même espèce.

En résumé, il existe donc deux types apparents de *foliation* ou arrangement des feuilles autour de la tige : 1^o la *foliation en spirale*, où chaque nœud ne porte qu'une feuille ; 2^o la *foliation verticillée*, où chaque nœud porte au moins deux feuilles, et souvent beaucoup plus, qui sont disposées autour d'un même point de la tige, comme les rayons d'un parapluie.

Quelquefois les feuilles sont disposées par *demi-verti-*

cilles alternes, c'est-à-dire que trois feuilles, par exemple, s'insèrent alternativement de chaque côté de la tige, et à une même hauteur; mais, quels que soient le nombre et la disposition des feuilles verticillées, on arrive à reconnaître qu'elles sont encore en spirale, non pas sur une seule spirale, mais sur autant de spirales qu'il y a de feuilles à chaque nœud.

L'examen des végétaux prouve qu'en effet ces deux types de foliation ne sont pas essentiellement différents; car il arrive souvent qu'une plante à feuilles opposées, telle que le myrte, montre des feuilles alternes à l'extrémité de ses rameaux.

Enfin, presque toujours la spirale tourne dans le même sens sur les tiges et sur les rameaux d'un même végétal; cependant chez certaines espèces la spirale tourne dans un sens sur la tige, et dans l'autre sens sur les rameaux.

[158h] La situation des fleurs sur les végétaux n'est pas la même dans toutes les espèces; mais, d'ordinaire, elles sont placées à l'extrémité des ramifications. L'arrangement des fleurs sur les rameaux est appelé *inflorescence*; il en existe de beaucoup de sortes.

Toute fleur, quels que soient sa forme, sa couleur, le nombre et la disposition de ses parties, est entièrement composée de feuilles plus ou moins modifiées. La métamorphose est extrême dans la plupart des fleurs; mais sur les fleurs de certaines espèces on peut suivre toutes les transitions successives de la feuille ordinaire du végétal aux diverses parties de la fleur. Cela est très-bien démontré dans tous les ouvrages qui traitent de la botanique.

La fleur est donc, dans son ensemble, une sorte de bourgeon modifié.

Le bourgeon ordinaire, qui termine la tige ou naît à l'aisselle des feuilles, est destiné à continuer le développement de l'individu végétal; mais les feuilles modifiées qui constituent la fleur ne portent pas de bourgeon à leur aisselle. Elles concourent à la formation des embryons ou *graines* destinées, non plus à développer l'individu, mais à développer l'espèce, à la propager. Ainsi, *la fonction spéciale de toute fleur est la formation d'un ou plusieurs fruits ou semences, destinés à reproduire des individus semblables à celui qui les a engendrés.*

L'étude des diverses parties des fleurs et de leurs fonctions reproductrices ne doit pas trouver place ici; mais, pour l'intelligence de la suite de cet ouvrage, nous devons dès à présent dire quelles sont les parties essentielles des fleurs.

Une fleur complète et régulière se compose de quatre sortes de feuilles modifiées.

Prenons pour exemple la fleur idéale (fig. 5) qui, dans la fig. 6 est représentée coupée par son milieu, afin qu'on puisse mieux en distinguer les parties.

A l'extérieur se trouvent des *folioles* vertes, *s*, nommées *sépales*, qui forment ensemble le *calice*.

A l'intérieur du calice les folioles colorées, *p*, nommées *pétales*, forment ensemble la *corolle*.

A l'intérieur de la corolle on voit des *filets*, *e*, terminés par de petits sacs jaunes *a* : ce sont les *étamines*. Les petits sacs *a* sont appelés *anthères*.

Enfin, au centre de la fleur se trouve un corps allongé, *c*, qui est le *pistil*. Son prolongement *b* se nomme *style* (1), et l'épanouissement *d* est appelé *stygmate*.

(1) Dans beaucoup de fleurs, ce style ou prolongement n'existe pas.

Le pistil contient une ou plusieurs cavités nommées *ovaires*, où se développent un ou plusieurs embryons, selon les espèces.

Les anthères, *a*, des étamines, contiennent une poussière jaune qui, en se répandant sur le stygmate du pistil, féconde l'embryon, c'est-à-dire le rend capable de se développer dans l'ovaire, et ensuite de germer et de produire une plante semblable à celle où il s'est développé.

Ainsi que nous l'avons dit, toutes ces parties de la fleur ne sont autre chose que des feuilles modifiées. Souvent les sépales du calice, par leur couleur verte et leur forme très-peu altérée, révèlent au premier coup d'œil leur véritable nature. Malgré leur couleur, très-rarement verte, les pétales de la corolle, par leurs nervures et leur texture, montrent encore une parenté étroite avec les véritables feuilles. Les étamines, d'ordinaire si différentes d'une feuille, prennent cependant chez quelques espèces des formes qui ne laissent pas le moindre doute sur leur analogie. Et presque toujours le pistil est très-visiblement formé de véritables feuilles repliées et soudées, ou pressées les unes contre les autres. Chacune de ces feuilles repliées qui composent le pistil est appelée *carpelle*; quelquefois il n'y a qu'un carpelle.

Dans la fleur idéale que nous donnons pour exemple, les parties différentes sont disposées par verticilles alternes et emboîtés. Le plan de cette fleur est représenté (fig. 7) avec des proportions agrandies qui rendent cette disposition plus visible. Les points d'insertion des sépales *s s...* des pétales *p p...* des étamines *e e...* et les carpelles *c c...* alternent régulièrement par verticilles concentriques. Il existe aussi des fleurs où les parties de deux verticilles contigus n'alternent point, mais sont

superposées. Par exemple, les étamines, au lieu d'être insérées, comme fig. 7, en face des sépales, peuvent être insérées en face des pétales.

Cette disposition par verticilles est très-fréquente; mais un examen attentif montre que dans beaucoup de fleurs en apparence verticillées, les parties sont réellement disposées en spirale. L'arrangement de ces parties des fleurs se rapporte donc, comme on devait s'y attendre, à l'arrangement spiral de la foliation, dont nous avons parlé.

Toute fleur qui contient un même nombre de parties semblables dans chaque verticille alternant régulièrement est *régulière et complète*. Telle est la fleur idéale (fig. 5) qui contient cinq parties semblables dans chaque verticille. Telle serait encore une fleur composée de trois sépales, trois pétales, trois étamines, et trois carpelles, tous semblables entre eux et alternant régulièrement.

Une fleur est *incomplète* lorsqu'elle manque de certaines parties, par exemple de pétales, d'étamines ou de pistil; et l'on conçoit qu'elle peut être irrégulière d'une multitude de manières, selon que l'insertion, la disposition, la figure et le nombre de chacune des parties sont plus ou moins irréguliers. L'inégalité de développement des parties d'un même verticille, soit du calice ou de la corolle, soit des étamines ou du pistil, constitue d'ailleurs, à elle seule, une irrégularité. Mais, en général, *le nombre et la disposition, régulière ou non, des diverses parties de la fleur sont toujours les mêmes dans chaque espèce*.

Dans beaucoup d'espèces, telles que les fuchsias, les sépales sont colorés; quelquefois même ces sépales ont toute l'apparence des pétales, comme chez l'ancolie,

l'hortensia, etc. Cela ne constitue point une irrégularité.

Nous venons de dire que les fleurs peuvent manquer des étamines ou du pistil. Celles qui manquent d'étamines et qui ont un pistil sont appelées *fleurs femelles*, parce qu'elles contiennent les ovules ou embryons; celles qui manquent de pistil et qui portent des étamines sont appelées *fleurs mâles*, parce que leur concours est nécessaire aux premières pour que l'embryon qu'elles contiennent puisse se développer dans l'ovaire et devenir capable de *germer*. Les fleurs qui portent à la fois des étamines et un pistil sont appelées *hermaphrodites*.

Chez beaucoup de végétaux, tels que les melons, les citrouilles, le noisetier, le chêne, les fleurs mâles et les fleurs femelles se rencontrent sur le même individu; chez d'autres, tels que le chanvre, les fleurs mâles et les fleurs femelles se rencontrent sur des individus différents.

Enfin, certains végétaux portent à la fois sur le même individu des fleurs mâles, des fleurs femelles et des fleurs hermaphrodites. Ces végétaux sont appelés *polygames*.

[158i] Les feuilles des végétaux ne se transforment pas seulement en fleurs. Chez beaucoup d'espèces, telles que le pois, elles se transforment aussi en *vrilles*, *a* (fig. 8) en se réduisant à leurs nervures principales. D'autres fois, comme il arrive souvent dans *l'épine-vinette*, elles se transforment en *piquants*.

Ces vrilles, ces piquants, peuvent d'ailleurs résulter de la transformation de parties autres que les feuilles. Ainsi, chez la vigne les vrilles sont une transformation de la tige elle-même, et le sarment qui s'élève au-dessus du nœud où paraît la vrille n'est que le bourgeon *axillaire*, c'est-à-dire né à l'aisselle de la feuille correspon-

dante, qui en se développant a fait avorter la tige, et, prenant sa place dans le développement du végétal, l'a réduite à une vrille. Chez les melons, les concombres, ce sont les stipules qui se transforment en vrilles.

Chez *l'ajonc*, le *prunier épineux*, ce sont les rameaux qui se transforment en piquants; chez *l'acacia*, ce sont les stipules.

Le houblon, les liserons, les haricots et beaucoup d'autres plantes grimpantes dépourvues de vrilles, s'enroulent par leur tige elle-même qui réunit ainsi les deux fonctions de tige et de vrille. Le sens dans lequel s'enroulent ces tiges grimpantes *volubiles* n'est pas le même dans toutes les espèces. Ainsi, les liserons s'enroulent de droite à gauche, et le houblon s'enroule de gauche à droite. Le sens de l'enroulement est constant dans chaque espèce, et il est impossible de les faire s'enrouler en sens contraire.

Les écailles qui recouvrent et protègent en hiver les bourgeons des chênes, ormes, hêtres, châtaigniers, etc., sont aussi des stipules transformés qui tombent quand les bourgeons se développent : ce sont des organes *caduques*.

Les écailles de l'érable sycomore sont des limbes *atrophiés* (1) et épaissis des feuilles extérieures des bourgeons.

Chez le frêne, le groseillier, le rosier, elles sont formées par le pétiole des feuilles extérieures dont le limbe a avorté. Un bourgeon de rosier ou de groseillier nouvellement développé montre une série de transformations,

(1) Expression très-employée en physiologie; l'atrophie est une réduction extrême des formes d'un organe.

depuis l'écaïlle proprement dite du bourgeon jusqu'à la feuille normale.

« Dans beaucoup de plantes aquatiques, les feuilles
« varient selon le milieu dans lequel elles se développent.
« Chez la renoncule aquatique, par exemple, les feuilles
« supérieures qui s'élèvent au-dessus de l'eau ont un
« limbe plein dont les nervures sont réunies entre elles
« par un parenchyme complet; les inférieures, au con-
« traire, qui sont nées sous l'eau, sont réduites à leurs
« nervures, et ressemblent par suite, jusqu'à un certain
« point, à des racines. » (Payer. *Élém. de Botanique.*)

Sur le néflier sauvage, les feuilles d'un grand nombre de bourgeons avortent complètement, et le bourgeon se réduit à une épine. Dans les jardins, par l'effet de la culture, aucun des bourgeons de cet arbre ne se réduit ainsi à un piquant; tous portent des feuilles et des fruits. Analogie frappante de ce qu'on observe chez beaucoup d'humains où certaines facultés qui, développées, auraient donné des fruits, se réduisent par le manque de culture à des aspérités stériles et hostiles.

Une autre transformation des bourgeons mérite bien d'être remarquée.

En général, le bourgeon est destiné à produire une branche; mais sur certaines plantes, telles que le lis bulbifère, l'oignon d'Égypte cultivé pour la table, les bourgeons ne se développent pas en branches. Ils sont courts, ramassés, gonflés de sucs, et reproduisent la plante lorsqu'ils sont semés comme une graine ordinaire.

Les tiges de beaucoup de plantes affectent des formes qui au premier abord peuvent tromper sur leur véritable nature. Ainsi, les bulbes ou oignons des tulipes, et les pommes de terre, ne sont autre chose que de véritables

tiges souterraines, et les *cayeux* qui se trouvent à l'aiselle des écailles des bulbes peuvent, étant séparés de l'oignon ou bulbe, jouer le rôle de graines comme les bulbilles dont nous venons de parler et les *yeux* des pommes de terre.

Ajoutons d'ailleurs qu'en général tout bourgeon séparé d'une plante, tout rameau convenablement traité, peut donner naissance à un végétal semblable à celui dont il a été séparé. C'est le principe des *boutures*.

Ainsi, *beaucoup de végétaux peuvent se reproduire, propager leur espèce de plusieurs manières différentes.*

[158j] Nous ne dirons rien ici des différentes formes et des qualités des fruits. Il suffit de savoir qu'en général, quelles que soient les formes et les particularités qui distinguent ses enveloppes, tout fruit contient un embryon, tels que les *amandes* des fruits à noyaux et des glands, les *pepins* des pommes, des oranges et du raisin, les *grains* de blé et d'orge, les *graines* de réséda, de pavot et des plantes potagères, etc.

Tout le monde connaît le gland, fruit et semence du chêne.

Jusqu'à sa maturité, il est en partie contenu dans une jolie coupe qui elle-même tient à l'arbre par une queue que l'on nomme *pédoncule*. A l'époque de la maturité du gland, le pédoncule se détache du rameau qui le portait; le gland tombe sur la terre, et il est désormais en état de reproduire un chêne par *germination*.

Dans l'origine, à l'époque où la fleur femelle du chêne s'est épanouie, le gland n'était qu'un très-petit utricule, un *ovule*; mais après la fécondation résultant du concours des fleurs mâles du chêne, d'autres utricules se sont formés dans l'intérieur de l'ovule primitif, le fruit

a grossi, ses diverses parties se sont formées, et, au moment où nous le voyons tomber de l'arbre, c'est tout un appareil très-complicé.

Il est contenu dans plusieurs enveloppes qui se recouvrent les unes les autres. Si l'on enlève ces enveloppes, on voit d'abord que *l'amande* se sépare en deux moitiés semblables l'une à l'autre, et que l'on nomme *cotylédons*. Ces cotylédons tiennent tous deux par l'une de leurs extrémités à un petit corps qui est l'embryon proprement dit. Il se compose d'une pointe *a* (fig. 4) appelée *radicule* (petite racine) et d'un mamelon placé entre les deux cotylédons. A la loupe, on y distingue très-bien des feuilles rudimentaires (1); c'est pourquoi ce mamelon a reçu le nom de *gemmule* (2).

Toutes ces parties de la graine sont composées d'utricules agglomérés à travers lesquels on aperçoit des ramifications vasculaires. Les utricules des cotylédons contiennent un grand nombre de *granules* (petits grains) d'une substance particulière appelée *fécule* [158r].

[158k] Maintenant voyons comment le chêne sort du gland où jusqu'alors sa vie n'a été qu'embryonnaire; voyons comment cesse ce sommeil de l'être et quelles sont les fonctions des organes.

Enfoncé dans la terre à une petite profondeur, ou recouvert de quelques feuilles mortes et d'autres débris apportés par les vents, le gland se trouve soumis à l'influence de l'air et d'un certain degré de chaleur et d'humidité. Alors commence la *germination*, qui ne

(1) En histoire naturelle, *rudiment* se dit des premiers linéaments de la structure des organes; *rudimentaire* signifie : qui a le caractère d'un rudiment, d'une ébauche.

(2) *Gemmule*, petit bourgeon, du latin *gemma*, bourgeon.

saurait s'accomplir sans la réunion de ces conditions.

Toutes les parties du gland se gonflent. Des actions chimiques [97] s'y produisent; notamment, une partie de l'eau absorbée paraît être décomposée en fournissant l'hydrogène nécessaire à la formation de nouvelles cellules. Les sucs, les grains de fécule accumulés dans les cotylédons, subissent des modifications qui les rendent aptes à nourrir l'embryon, c'est-à-dire à concourir à son développement en lui fournissant les substances nécessaires.

Bientôt la radicule s'étant enrichie de nouvelles cellules sort des enveloppes du gland et pénètre dans le sol. En même temps, la gemmule-forme de nouvelles cellules, grossit, grandit, perce ses enveloppes et s'élève au-dessus du sol. La germination est alors achevée.

A ce moment, la jeune plante nous présente déjà, avec leurs fonctions normales (48), les racines et la tige feuillée, c'est-à-dire les deux moitiés, l'une souterraine, l'autre aérienne, que nous avons trouvées dans le chêne devenu arbre. Les cotylédons, toujours attachés au jeune chêne, sont demeurés en terre et continuent à fournir leur substance, jusqu'à ce que, épuisés, ils se détachent et se décomposent.

[158] La fonction des racines est d'absorber l'eau contenue dans la terre. Les cellules qui forment l'intérieur des racines n'offrent aucune ouverture au dehors. Elles ne peuvent donc absorber les liquides de la même manière qu'une éponge criblée de lacunes, mais l'expérience suivante rend compte du phénomène.

(Fig. 13), *a* est une petite poche formée d'une membrane animale ou végétale, et liée hermétiquement à un tube de verre *b*. Cette poche et le bas du tube étant remplis d'une dissolution épaisse de gomme, si l'on plonge

l'appareil dans l'eau pure contenue par le vase *c*, on voit bientôt le niveau du liquide gommé s'élever rapidement dans le tube, et le niveau de l'eau pure baisser dans le vase. En examinant alors les deux liquides, on trouve qu'à travers la membrane un peu de liquide gommé a passé dans l'eau pure, mais qu'une beaucoup plus grande quantité d'eau a passé dans le liquide gommé.

Si l'on intervertit les conditions de l'expérience en mettant l'eau pure dans la poche et l'eau gommée dans le vase, c'est toujours le niveau de l'eau pure qui baissera rapidement, dans le tube, et le niveau de l'eau gommée qui montera, dans le vase; et l'examen des deux liquides montrera le même résultat que dans l'expérience précédente. A travers la membrane l'eau aura passé beaucoup plus rapidement vers le liquide gommé que celui-ci n'aura passé vers l'eau.

Si l'on remplaçait la gomme par le sucre ou l'albumine, [158r] et plusieurs autres substances, on obtiendrait les mêmes résultats.

Nous ne discuterons pas ici ces phénomènes d'*endosmose* (tel est le nom qu'on leur donne), nous ferons seulement remarquer que *leur intensité augmente sous l'action de la chaleur*; mais, quelle que soit la cause à laquelle on doive les rapporter, ils rendent compte de l'absorption qui s'opère par les racines, car la membrane cellulaire est analogue à celle de notre appareil, et les sucres liquides contenus dans les cellules végétales sont en grande partie composés des trois substances que nous venons de nommer, sucre, gomme, albumine, dissoutes en proportions diverses; de sorte que les cellules en présence de l'eau du sol doivent se conduire comme la poche *a* dans la première expérience.

C'est d'ailleurs par l'extrémité des racines que l'absorption est la plus active. Là, en effet, leur jeune tissu est beaucoup plus perméable que le tissu compact, et même revêtu d'écorce, des parties des racines plus anciennement formées.

Les racines absorbent, avec l'eau, les substances qu'elle peut avoir dissoutes. Ces dissolutions de l'eau du sol, étant presque toujours extrêmement faibles, agissent comme l'eau pure dans le phénomène d'endosmose ; mais les substances qui ne sont que délayées et en *suspension* dans l'eau, quel que soit leur degré de ténuité [8], telles que le carmin et d'autres matières colorantes, ne sont point absorbées. Au reste, les racines absorbent les dissolutions nuisibles au végétal aussi bien que celles qui lui sont utiles.

Ajoutons que dans toutes les parties extérieures du végétal, les cellules, qui contiennent des sucs plus ou moins épais, absorbent de même l'eau des pluies et la rosée. C'est pourquoi le *bassinage* ou arrosage des feuilles, tiges, rameaux, est si efficace pour rétablir promptement la vigueur d'une plante qui a souffert de la sécheresse.

[158m] L'absorption de l'acide carbonique par les cellules végétales est très-bien expliquée.

Si l'on plonge une vessie *sèche*, remplie d'acide carbonique, dans un vase plein d'oxygène, les deux gaz se mêleront également à l'intérieur et à l'extérieur de cette membrane. Mais si la vessie est humide, le gaz carbonique, à travers la membrane, viendra se mêler à l'oxygène du vase beaucoup plus rapidement que celui-ci n'ira se mêler au gaz carbonique dans la vessie.

Une bulle de savon soufflée à l'aide d'un chalumeau, dans une cloche remplie d'acide carbonique, se gonfle

rapidement, parce que l'acide carbonique passe dans l'intérieur de la bulle.

Or, un grand nombre de cellules ou de lacunes des végétaux sont remplies d'air. Lorsque cet air intérieur est purgé d'acide carbonique par suite de l'élaboration dont nous allons parler, et que ces cellules sont humides, l'acide carbonique de l'atmosphère [106] doit y pénétrer à travers leurs membranes avec la même rapidité que dans la bulle de l'expérience précédente. Et l'on voit ici une nouvelle raison de l'utilité du bassinage des feuilles en temps de sécheresse, bassinage auquel le simple arrosage de la terre qui porte un végétal ne saurait suppléer, quelque abondant qu'il soit.

[158n] Parvenue dans les racines, l'eau, mêlée aux diverses substances qu'elle y a apportées, ou qu'elle y a rencontrées, monte dans l'intérieur du végétal. Ce liquide mêlé ainsi de diverses substances s'appelle *sève*, et les divers mouvements qu'il manifeste dans l'intérieur du végétal constituent la fonction appelée *circulation*.

La circulation végétale est considérée aujourd'hui par les botanistes comme un résultat de plusieurs causes agissant de concert. Le phénomène d'endosmose qui a introduit l'eau dans les racines se continue dans l'intérieur du végétal, d'une cellule à l'autre; il s'y continue d'autant plus énergiquement que par suite de l'évaporation très-considérable dont les parties aériennes sont le siège, et aussi par suite de la respiration, les suc contenus dans ces parties tendent toujours à se concentrer (1).

(1) On appelle *dissolution concentrée* celle dans laquelle les substances dissoutes sont en très-grande proportion relativement à la masse du liquide où elles sont dissoutes. C'est ainsi qu'un suc végétal se *concentre* lorsque la proportion d'eau y diminue.

Nous avons vu d'ailleurs que le chêne est muni, depuis ses racines dernières jusqu'à l'extrémité de ses feuilles, de nombreux vaisseaux intérieurs. Dès les premiers temps de sa végétation, ces vaisseaux ont commencé à se former. Peut-être résultent-ils simplement de l'action mécanique de la sève qui, accumulée par endosmose et pressée dans les tissus déjà anciens, jaillit en quelque sorte dans les jeunes tissus et s'y crée des passages, soit par leurs interstices, soit en perforant les minces parois des cellules nouvelles; celles-ci formeraient alors des canaux comme une suite de petits barils défoncés. Peut-être les vaisseaux sont-ils formés de ces deux manières à la fois. Mais après qu'ils sont formés, ces vaisseaux, *capillaires* pour la plupart, doivent exercer sur la sève qui mouille leur intérieur une action tendant à la faire monter [35].

Enfin, l'évaporation produisant des vides dans les parties supérieures du végétal, détermine ainsi une sorte de succion qui ajoute à l'effet des causes précédentes; d'où semble résulter en définitive l'ascension rapide de la sève.

Toutefois, nous devons le dire, la circulation végétale ne nous paraît encore qu'imparfaitement connue, et les trois causes que nous venons d'énumérer ne suffisent pas à expliquer tous les mouvements circulatoires qu'on observe dans les végétaux.

[1580] La *respiration* végétale s'exerce par les feuilles et généralement par toutes les parties herbacées et vertes des plantes (1). Ainsi, dans les premiers temps de sa végé-

(1) *Herbacé*. Cette expression souvent employée signifie toute partie d'un végétal qui a l'aspect et la consistance des plantes que l'on appelle vulgairement *herbes*.

tation, la jeune tige du chêne, qui est tendre, verte et flexible comme une herbe, respire par toutes ses parties aériennes.

Nous venons de voir comment l'acide carbonique de l'air est introduit dans les cellules vides, dans les lacunes du végétal.

Sous l'influence de la lumière, cet acide est décomposé dans l'intérieur du végétal. Le carbone est fixé, c'est-à-dire engagé dans les combinaisons organiques des tissus et des sucres du végétal, et une quantité d'oxygène à peu près correspondante est *expirée*, c'est-à-dire restituée à l'atmosphère. Telle est la source principale du carbone des végétaux. Le surplus de ce qu'ils en contiennent leur est apporté par l'eau de la terre ou des pluies, et décomposé de même.

Le résultat immédiat de cette fixation du carbone est la formation, dans l'intérieur des jeunes pousses, et surtout des feuilles, d'une certaine substance verte nommée *chlorophylle* [158], à laquelle ces organes doivent leur couleur. La grandeur et le nombre des lacunes ou espaces vides dans le parenchyme des feuilles diffèrent beaucoup selon les espèces, le vert des feuilles d'une espèce est d'autant plus *intense*, plus foncé, que les lacunes y sont plus nombreuses et plus grandes. On pouvait s'y attendre d'après ce que nous avons dit sur la manière dont l'acide carbonique est absorbé.

Toutes choses étant égales d'ailleurs, le phénomène est d'autant plus actif, la fixation du carbone d'autant plus considérable, que la lumière est plus directe et plus intense. A la lumière diffuse [63], le phénomène est moins actif, et dans l'obscurité complète il cesse complètement.

« Cette action assimilatrice des feuilles paraît être plus forte que toute action chimique imaginable. Pour se faire une idée de sa puissance, on n'a qu'à se rappeler qu'elle surpasse la puissance de la plus forte batterie électrique, appareil avec lequel il n'est guère possible de séparer l'oxygène de l'acide carbonique. » (Liebig.)

La lumière solaire n'est pas la seule qui donne lieu à ce phénomène. La lumière des lampes, du gaz ou de toute autre flamme vive, le développe plus ou moins faiblement. La lumière électrique le produit énergiquement.

Un phénomène contraire, c'est-à-dire une exhalation d'acide carbonique, se produit dans l'obscurité; et même en pleine lumière, les fleurs, et aussi, paraît-il, toutes les parties du végétal qui ne sont point vertes, exhalent de l'acide carbonique.

Les conditions de la fixation et de l'exhalation du carbone par les plantes, ne sont pas encore nettement déterminées.

D'une part, les champignons dont le développement est nocturne prouvent que du carbone peut être fixé par une plante dans l'obscurité; et les champignons qui se développent pendant le jour et ne sont point verts, prouvent que des végétaux peuvent fixer du carbone à la lumière sans contenir ni former de chlorophylle,—à moins que l'on ne reconnaisse que les champignons ne sont nullement des végétaux, mais une sorte d'êtres vivants formant un ordre inférieur distinct, voisin des végétaux.

D'autre part, l'importance de l'action de la lumière sur les végétaux ne permet pas d'admettre sans preuves certaines que l'acide carbonique dégagé à la lumière par leurs parties non vertes, ait assurément la même origine, soit dû aux mêmes causes que l'acide exhalé

dans l'obscurité; et s'il paraît certain que dans l'obscurité le carbone des végétaux subit, par l'action de l'air, une oxydation en suite de laquelle il est exhalé sous forme d'acide carbonique, il est également certain que des organes végétaux, des graines, par exemple, peuvent décomposer l'eau dans l'obscurité. Or n'est-il pas dès lors possible qu'une partie de l'eau absorbée par une plante dans l'obscurité, se trouvant décomposée, et son hydrogène fixé ou exhalé (sous forme d'ammoniaque?), l'oxygène de cette eau se combine avec une partie du carbone de la plante, exhalé bientôt sous forme d'acide carbonique?

Des expériences précises pourraient seules décider ces questions.

Quoi qu'il en soit, nous ferons remarquer avec soin que la fixation du carbone, effet de la respiration diurne, l'emporte de beaucoup sur l'expiration nocturne d'acide carbonique. S'il en était autrement, la plante ne s'accroîtrait point, puisqu'elle ne peut se développer qu'en fixant le carbone nécessaire à la production de nouvelles cellules (1).

La différence entre ces deux actions est, dit-on, si grande, qu'il suffit souvent d'une demi-heure d'*insolation*, c'est-à-dire d'exposition au soleil, pour qu'une plante regagne tout le carbone qu'elle avait perdu dans l'obscurité.

Au reste, il paraît certain qu'une partie de l'azote nécessaire à la vie du végétal est emprunté à l'atmosphère par la respiration.

[158p] Nous avons dit que toutes les parties du chêne

(1) Quoique la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air atmosphérique soit très-petite (quelques dix-millièmes seulement), on trouve par le calcul que la masse totale du carbone contenu dans la masse totale de l'atmosphère est énorme.

sont recouvertes d'un épiderme; or, dans les parties aériennes des végétaux, cette membrane est parsemée de très-petites ouvertures *ss* (fig. 11) nommées *stomates* (1). Sur les feuilles notamment, ces stomates sont l'entrée d'un cul-de-sac vide *b* (fig. 12) pratiqué dans le parenchyme de la feuille. Ces ouvertures facilitent à l'intérieur de la feuille l'accès de l'air et l'absorption de l'acide carbonique. Elles sont aussi un organe transpiratoire du végétal en facilitant l'évaporation qui paraît être une des causes de l'ascension de la sève. Par un effet de leur forme et de leur disposition, après une pluie les stomates s'ouvrent davantage; en temps de sécheresse, ils se resserrent.

La figure et le nombre des stomates varient extrêmement selon les espèces; ce nombre n'est pas toujours le même sur les deux pages de la feuille.

« Les stomates comptés sur l'étendue d'un pouce carré de l'épiderme de la feuille ont donné les chiffres suivants :

	Face supérieure.	Face inférieure.
Gui.	200	200
Iris.	11,572	11,572
Œillet des jardins.	38,500	38,500
Plantain d'eau.	12,000	6,000
Cobea grimpant.	0	20,000
Lilas.	0	160,000

(*Elém. de bot.* Jussieu.)

L'expérience de la bulle de savon explique l'absorption de l'acide carbonique par les lacunes des feuilles aériennes, et les stomates facilitent évidemment le phénomène. Mais comment les choses se passent-elles chez les végétaux qui vivent sous les eaux ?

(1) Du grec *stoma*, bouche.

Beaucoup présentent des lacunes dans le parenchyme ordinairement très-épais de leurs feuilles, et l'on comprend que ces lacunes puissent sous les eaux jouer le même rôle que dans l'air, c'est-à-dire absorber l'acide carbonique dissous dans l'eau comme celui qui est mêlé à l'air atmosphérique.

Mais chez un grand nombre d'espèces vivantsous l'eau, les feuilles ne présentent point de lacunes. Or, ces feuilles immergées n'ont jamais d'épiderme; les cellules extérieures de leur parenchyme sont immédiatement en contact avec l'eau où elles sont plongées. Il faut donc en conclure que les liquides intérieurs de leurs cellules absorbent, à travers la très-mince paroi de ces cellules, l'acide carbonique dissous dans l'eau. Sous l'influence de la lumière, cet acide carbonique est décomposé dans le végétal sous l'eau comme dans l'air; son carbone est fixé de même et la chlorophylle est produite.

Quant aux végétaux dont les feuilles s'étalent à la surface des eaux, leur page supérieure en contact avec l'air est garnie d'épiderme et de stomates, et leur page inférieure n'a point d'épiderme ni par conséquent de stomates. Leur respiration peut donc s'accomplir à la fois par le mode aérien des végétaux qui s'élèvent dans l'atmosphère et par le mode aquatique des végétaux immergés.

[158q] La *nutrition* est une fonction très-complexe par laquelle un être organisé, après avoir élaboré des substances précédemment absorbées, s'assimile tout ce qui dans les produits de cette élaboration peut entretenir et développer les différentes parties de son organisme.

Dans l'absorption radiculaire, on voit isolément le *fonctionnaire*, c'est-à-dire la racine, et la fonction, c'est-à-dire l'introduction de l'eau plus ou moins pure dans les racines.

Dans la respiration, on voit isolément le fonctionnaire, c'est-à-dire la feuille, et la fonction, c'est-à-dire l'absorption d'acide carbonique et l'exhalation d'oxygène.

Mais quand il s'agit de la nutrition, il ne s'agit plus d'un seul organe ni d'une fonction ordinaire. Un grand nombre d'organes, sinon tous, concourent à la nutrition qui ne s'accomplit que par une série d'opérations. L'absorption et la nutrition sont des besognes partielles dont la nutrition détermine l'effet combiné qui est le développement de l'être. Cette remarque ne doit pas être oubliée.

S'assimiler, en physiologie (1), signifie: faire semblable à soi, faire entrer en soi de telle manière que la chose assimilée fasse partie de l'être qui l'a assimilée.

L'assimilation est donc un acte intermédiaire par lequel, après qu'il a élaboré en soi certains produits flottant encore dans les cavités de ses organes, l'être vivant s'incorpore ces produits et les fait entrer dans le tissu de ses organes.

[138r] Lorsqu'on dissèque une plante, surtout à l'époque où elle est en pleine végétation, on trouve ainsi en elle des produits contenus dans ses organes; ces produits sont appelées *substances organiques* (2).

Et l'on trouve des résultats de l'assimilation formant le tissu des organes; les substances qui forment ces tissus des organes sont appelées *substances organisées*.

(1) La physiologie est la science qui traite des phénomènes de la vie et des fonctions des organes, soit dans les végétaux, soit dans les animaux.

(2) Plusieurs de ces substances organiques peuvent être formées de toutes pièces dans le laboratoire; c'est-à-dire que la chimie peut produire à volonté quelques-unes de ces substances, en combinant les éléments dont ils se composent sans qu'aucun organisme vivant y ait concouru.

Ainsi, par exemple, les sucs particuliers, tels que la gomme, le sucre que l'on trouve dans certains vaisseaux, sont des substances organiques, et la substance qui forme la paroi de ces vaisseaux est une substance organisée.

Les substances produites dans l'organisme sous l'influence de la vie sont très-variées dans les diverses parties des végétaux, et plus variées encore chez les diverses espèces de végétaux. L'étude de leur composition et de leurs propriétés est un des objets de la *chimie organique*. Cette science est peu avancée, en ce sens que l'on n'est point parvenu encore à découvrir les lois générales de la production des substances organiques; mais les recherches ont révélé un grand nombre de faits d'une haute importance. Nous dirons seulement ce qui paraît fondamental.

Dans les végétaux, on ne trouve guère que quatre substances élémentaires [104], carbone, hydrogène, oxygène et azote. La proportion des autres substances qu'on y rencontre est toujours petite, et elles ne se trouvent point engagées dans les *combinaisons organiques*. Elles se trouvent isolées, à l'état de cristal [136] dans les cellules, comme chez les cactus, ou bien elles incrustent certains tissus. La science n'est pas encore parvenue à expliquer toujours le rôle, sans doute très-important, de ces substances dans l'organisme.

Il est remarquable que les composés minéraux, cristallisés ainsi dans les tissus, y présentent souvent des formes cristallines différentes de leur forme habituelle.

Nous avons vu [94] que, dans les combinaisons chimiques minérales, les substances sont associées dans des rapports très-simples : 1 de A et 1 de B, 1 de A et 2 de B, etc.; de sorte qu'une molécule [8] de ces combinaisons est formée d'un très-petit nombre d'atomes.

Dans les combinaisons chimiques organiques, cette simplicité ne se retrouve plus. Elles résultent du concours de trois éléments au moins, carbone, hydrogène, oxygène, et leurs proportions sont beaucoup plus complexes; par le tableau ci-dessous, on verra qu'une seule molécule de chacune des substances qui y figurent, paraît être composée de dix mille atomes.

De toutes ces substances, la plus répandue est la *cellulose*, ainsi nommée parce qu'elle forme la paroi membraneuse des cellules végétales. Nous avons déjà dit qu'elle se compose de carbone uni à de l'oxygène et de l'hydrogène. Les étoffes de chanvre et de lin, le papier, sont formés de cellulose à peu près pure.

Le *ligneux* est la substance qui en incrustant de couches successives les cellules végétales, les transforme en bois. Il entre moins d'oxygène dans la composition du ligneux que dans celle de la cellulose.

La cellulose et le ligneux, ainsi que l'amidon, le sucre, les huiles, etc., sont souvent désignés sous le titre général de *substances ternaires*, parce que chez toutes on ne trouve que les éléments carbone, hydrogène, oxygène. Elles prédominent dans la masse totale des végétaux.

On appelle *substances quaternaires* celles qui outre ces éléments contiennent de l'azote. Dans l'organisation végétale, la masse totale des substances quaternaires est beaucoup moindre que la masse totale des substances ternaires. Voici le tableau des *albuminoïdes* les plus répandues et la composition qu'on leur assigne : toutes trois se trouvent dans le blé, entre autres. D'ailleurs, la première compose la *fibres animale*; la seconde existe dans le lait; et la troisième abonde dans les œufs, dont elle forme le *blanc*.

	Fibrine.	Caséine.	Albumine.
Carbone.	52,75	53,56	53,47
Hydrogène.	6,99	7,10	7,17
Azote.	16,57	15,87	15,94
Oxygène.	23,69	23,47	23,84
	<hr/> <hr/> 100,00	<hr/> <hr/> 100,00	<hr/> <hr/> 100,00

Les substances quaternaires se trouvent en quantités assez petites dans les jeunes tissus des végétaux, et elles se trouvent d'ordinaire en abondance dans toutes les parties des graines, surtout dans les cotylédons.

Une substance ternaire, *l'amidon*, se rencontre aussi en abondance dans les graines et quelquefois dans les racines, les tiges, et la moelle. On l'y trouve en grains arrondis, plus ou moins irréguliers, et formés de couches concentriques pressées les unes sur les autres. La grandeur de ces grains diffère beaucoup selon les espèces. Ceux de la *fécule* de pomme de terre ont près d'un cinquième de millimètre de long : ce sont les plus gros que l'on connaisse ; ceux de l'amidon du froment n'ont qu'un vingt-cinquième de millimètre, et ceux de la betterave un deux-cent-cinquantième.

La matière *amylacée* des grains d'amidon est composée des éléments de la cellulose combinés avec une certaine proportion d'eau. Elle est insoluble dans l'eau ; mais une certaine substance quaternaire nommée *diastase*, qui se forme dans la germination et à la base des bourgeons par une modification des substances désignées au tableau précédent, a la propriété de changer l'amidon en une substance soluble sans changer sa composition chimique. Cette substance nouvelle nommée *dextrine* a l'apparence de la gomme arabique. Il suffit de la présence d'une

seule partie de diastase pour transformer ainsi deux mille parties d'amidon.

Mise en présence de l'eau, la dextrine se combine avec une quantité définie [94] de ce liquide et se transforme en une sorte de sucre nommé *glucose* ou *glycose*.

Il existe en effet beaucoup de variétés de sucre. Par des procédés chimiques, le ligneux, la cellulose, et aussi le sucre ordinaire de la canne et de la betterave, peuvent être transformés en glucose.

Ce glucose, sous des influences fort diverses, se transforme facilement en une série de substances qui, malgré les plus grandes différences d'aspect et de propriétés, ne diffèrent du glucose que par de très-petites modifications dans la proportion des éléments qui le constituent.

Parmi les substances organiques ternaires les plus abondantes dans les végétaux, il faut ranger les *corps gras*, tels que les huiles d'olive et de noix, le beurre de cacao, etc., qui se distinguent par la grande proportion de carbone et d'hydrogène qu'ils contiennent; ce qui explique la facilité avec laquelle ils brûlent.

[158s] Il ne faudrait pas croire que l'intervention d'un organisme vivant est toujours nécessaire pour que les transformations des substances organiques s'accomplissent. Non-seulement la chimie parvient à composer de toutes pièces certains produits organiques artificiels tout semblables à certains produits organiques naturels, mais elle parvient presque toujours facilement à opérer sur un produit naturel tout ou partie des transformations qu'il est susceptible de subir dans l'intérieur de l'être vivant.

Et quant à la transformation si remarquable de l'amidon par la diastase, il ne faut pas la considérer non plus comme ne pouvant s'accomplir que sous l'influence de la

vie, car de l'amidon soumis à l'action de la diastase et de l'eau, dans une soucoupe, s'y transforme en dextrine et en glucose comme dans la plante. Les acides agissent même sur l'amidon comme la diastase, c'est-à-dire qu'ils le transforment également en dextrine et en glucose.

[158t] Nous parlerons maintenant de deux substances bien remarquables sous tous les rapports.

Dans l'intérieur des cellules très-jeunes on voit, au microscope, un amas granuleux en forme de boule ou de lentille, appliqué sur l'un des côtés de la paroi cellulaire, et qui, diminuant à mesure que la cellule avance en âge, finit par disparaître.

Cette petite masse de matière est quaternaire, c'est-à-dire azotée; un célèbre physiologiste allemand, Schleiden, l'a appelée *utricule primordial*. Il suppose, et tout paraît le prouver, que cette petite masse est le premier point de départ de la cellule végétale élémentaire, et qu'elle doit être considérée comme résultant d'une réaction de l'acide carbonique sur l'ammoniaque, de même que la paroi cellulaire résulte d'une réaction de l'acide carbonique avec l'eau.

La *chlorophylle*, matière verte produite sous l'influence de la lumière, paraît toujours intimement unie à une substance quaternaire; en d'autres termes, elle paraît n'être que cette substance colorée en vert par la lumière. Elle nage dans les liquides des cellules et communique sa couleur à ces liquides, ainsi qu'aux grains d'amidon qui y sont contenus et aux parois cellulaires qu'elle tapisse.

Il est bien certain que la production de cette substance n'est pas un phénomène dû seulement à la vie, puisque la plante vivante, dans l'obscurité, perd sa chlorophylle et ne la reproduit pas. Nécessaire au maintien de la vie nor-

male de la plupart des végétaux et à leur développement, et ne paraissant se produire que pendant la vie, ce phénomène est un effet immédiat ou médiat de la lumière, et du même genre que les colorations produites par elle dans beaucoup de substances inorganiques. C'est ainsi que la lumière colore en noir certaines combinaisons de l'argent avec le chlore, l'iode, etc.; phénomène qui est la base de la photographie.

On croit savoir que, excepté chez les champignons, la fixation du carbone ne s'opère que dans les parties vertes des végétaux; mais la formation de la chlorophylle est-elle l'effet immédiat de la lumière sur une substance organique, et est-ce la chlorophylle qui détermine ensuite la fixation du carbone? ou, au contraire, la formation de la chlorophylle n'est-elle qu'un effet médiat résultant de la fixation du carbone sous l'influence de la lumière?

Voilà une question que nous ne trouvons résolue nulle part.

[158*u*] Un fait capital ressort de tout ce que nous avons dit sur les produits organiques : c'est la facilité avec laquelle ils se transforment par une très-petite modification dans les proportions de leurs éléments, ou même par un simple changement de propriétés sans que leur composition ait changé; changement de propriétés qui paraît se rapporter à des modifications inconnues de l'arrangement moléculaire, et dont la cristallisation nous a offert des exemples [136*o*].

On conçoit que sous les influences variées de l'air et de l'eau, de la lumière et de la chaleur, de l'électricité et des affinités chimiques, après que l'hydrogène, l'oxygène et le carbone, ont été combinés de manière à former l'une

de ces substances, elle se transforme en substances différentes propres à continuer le développement du végétal. On comprend notamment très-bien ce qui arrive de l'amidon accumulé dans les cotylédons du gland et dans d'autres parties de la plante, surtout lorsqu'on sait que la diastase se forme au point de contact des cotylédons avec l'embryon et à la base des bourgeons ; car, à mesure que l'eau d'absorption qui gonfle les cotylédons entraîne les grains amylacés vers la gemmule, ces grains, à leur passage, subissant l'influence de la diastase, se transforment en dextrine soluble qui bientôt se transforme elle-même en cellulose pour ajouter de nouvelles cellules au jeune arbre. Mais les manières dont s'opèrent ces transformations sont encore fort obscures.

Nous ne pourrions suivre plus longtemps cette histoire des produits organiques sans nous écarter de notre route. il suffira d'ajouter que ces produits présentent des composés qui peuvent servir de base à des sels [129], comme les oxydes des métaux, et des acides qui se comportent avec ces bases organiques ou avec les oxydes métalliques comme les acides minéraux dont nous avons parlé précédemment [115]. C'est ainsi que l'acétate de morphine est un sel composé : 1° d'acide acétique, produit organique ternaire qui se trouve dans beaucoup de fruits, surtout avant leur maturité, et 2° de morphine, substance cristallisable extraite des pavots, et composée de carbone, d'hydrogène et d'azote unis à de l'eau en proportion définie.

En général, ces acides organiques contiennent comme les acides inorganiques une grande proportion d'oxygène ; et l'un d'eux, l'acide hydrocyanique ou acide prussique, est analogue aux hydracides [117a], car il résulte de la combinaison de l'hydrogène avec le *cyanogène* composé

seulement de carbone et d'azote ; de sorte qu'il ne renferme pas d'oxygène.

D'où provient l'azote des graines et de tous les tissus à l'état naissant ?

Des expériences récentes ont prouvé qu'il est en partie emprunté à l'air atmosphérique ; mais il paraît provenir surtout de l'ammoniaque [116] dissoute par l'eau, soit dans l'air, soit dans la terre, et provenant elle-même de plusieurs sources que nous ferons connaître.

[158v] L'étude des fonctions nous a fait perdre de vue notre jeune chêne au moment où ses premières feuilles se déployaient ; il faut y revenir.

Pendant l'été, le jeune chêne, qui a continué à croître, est d'un beau vert : toutes ses parties sont herbacées ; mais à l'automne nous voyons ses feuilles rougir, et la tige qui est devenue ligneuse commence à brunir. Le bourgeon qui termine la tige et les bourgeons qui se trouvent à l'aisselle des feuilles sont petits et ne présentent extérieurement que des écailles rougeâtres fortement pressées les unes sur les autres. Bientôt l'abaissement de la température arrête la végétation. Les feuilles devenues rousses persistent encore quelquefois sur l'arbre, mais elles ne vivent plus et finissent par tomber (1).

A ce moment, si l'on coupe transversalement la jeune tige, on y trouve : 1° au centre, la moelle enveloppée de l'étui médullaire ; 2° autour de la moelle, une enveloppe ligneuse, c'est-à-dire une zone de cellules et de fibres incrustées de ligneux, et parcourue par des vais-

(1) Les feuilles d'un grand nombre de végétaux sont *caduques* comme celles du chêne, et ne durent que quelques mois. Sur d'autres plantes elles persistent un an, et dans certaines espèces elles persistent plusieurs années.

seaux nombreux; 3° le liber; 4° l'écorce; 5° l'épiderme.

Pendant tout l'hiver, la végétation sommeille; mais, au printemps, la chaleur et l'humidité agissent sur toutes les causes qui produisent la circulation. Les substances organiques, accumulées dans les tissus l'année précédente, fournissent la substance nécessaire au premier développement des bourgeons, de même que des substances analogues accumulées dans les cotylédons avaient fourni la substance nécessaire au premier développement de la gemmule. Bientôt, à leur tour, sortant de leurs enveloppes écailleuses, les bourgeons, à l'état herbacé, s'allongent, se couvrent de nouvelles feuilles, de nouveaux organes respiratoires qui viennent aider au développement général de la plante.

Au deuxième hiver, quand les pousses de l'année d'abord herbacées sont parvenues à l'état ligneux, si l'on coupe transversalement l'une d'elles, on y trouve exactement les mêmes parties que l'on avait trouvées dans la tige l'année précédente. Et si l'on coupe transversalement la tige, âgée maintenant de deux ans, on y trouve deux zones ligneuses au lieu d'une.

A la troisième année, on trouverait trois zones ligneuses dans la tige, deux zones ligneuses dans les pousses de deuxième année, et une seule zone ligneuse dans les pousses de première année.

[158x] Nous savons qu'à l'aisselle de chaque feuille il existe un bourgeon. S'ensuit-il qu'on doive trouver sur une tige autant de rameaux qu'elle a porté de feuilles, et que tous les rameaux soient insérés sur la tige exactement dans le même ordre spiral que les feuilles?

Non, car plusieurs causes troublent la régularité de la ramification.

Il arrive, surtout dans les végétaux appelés à une longue durée et à une grande taille, tels que le chêne, que beaucoup de bourgeons *avortent*, c'est-à-dire ne se développent point. Cet avortement peut résulter d'une multitude de circonstances fréquentes, par exemple, du voisinage de rameaux vigoureux qui privent certains bourgeons d'air, de lumière et des autres conditions nécessaires à la végétation (1).

La multiplicité des bourgeons à l'aisselle d'une même feuille est encore une cause de l'irrégularité de la ramification. Cette multiplicité est constante sur certains arbres, le noyer, par exemple. Sur le chêne, elle est anormale (48); mais on l'y rencontre parfois.

Enfin, l'ordre spiral des rameaux est souvent troublé par les bourgeons *adventifs*. On appelle ainsi des bourgeons qui apparaissent ailleurs qu'à l'aisselle d'une feuille, sur n'importe quel point du végétal, tige, rameau ou racine. Ces bourgeons diffèrent de ceux qui naissent à l'aisselle des feuilles; ils ne sont point recouverts d'écaillés, et ils se développent immédiatement après leur apparition, laquelle n'a lieu qu'à l'époque où la végétation est en pleine activité.

[158y] Tout ce que nous venons de dire du chêne est vrai d'un très-grand nombre d'arbres, sauf de légères variantes.

Un caractère commun à tous ces végétaux est que leur embryon est garni de *deux cotylédons*. Au reste, ce que

(1) Dans beaucoup d'espèces végétales cet avortement se fait régulièrement. Par exemple si les feuilles sont opposées, l'une des deux développera un bourgeon, et le bourgeon de l'autre feuille avortera; mais au nœud suivant ce sera la feuille située au-dessus du bourgeon avorté qui développera un bourgeon, et celui de l'autre côté avortera.

nous avons observé dans l'organisation et la végétation du chêne est encore presque également vrai d'un nombre immense d'*arbustes* (petits arbres), d'*arbrisseaux* (buissons), et de végétaux herbacés vivaces, ou annuels [159u], qui sortent, ainsi que le chêne, d'un embryon garni de deux cotylédons. Toutes les plantes auxquelles ce caractère est commun sont désignées en botanique sous le nom de *dicotylédonées* ou, plus simplement, *dicotylées*.

Après cette description de l'un des plus beaux types de la végétation, nous allons parcourir une suite de formes végétales très-diverses, depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes.

O chêne, majesté de nos forêts, ne dirai-je donc rien de ta grandeur, de ton ombrage? A tes pieds, j'aimerais à m'asseoir; mais non, je dois marcher vite.

Je cherche la vérité et la justice; je ne puis m'arrêter pour saluer aucune beauté.

O beautés!... trop souvent fatales à la justice et à la vérité!



[159] On trouve dans les lieux humides, accessibles à la lumière du jour, des tissus verdâtres nommés *bissus*, qui, au microscope, ne présentent qu'une masse de cellules confusément unies. Leur développement ne comporte qu'un accroissement du nombre des cellules de leur tissu. Certaines différences dans l'aspect du tissu et dans les circonstances qui président au développement de ces végétaux élémentaires, ont fait reconnaître plusieurs espèces différentes de *bissus*. Ces plantes n'ont point d'appareil spécial de reproduction. La vie s'arrête en elles dès qu'elles sont desséchées; mais quelques espèces revivent

et reprennent leur développement dès qu'elles sont de nouveau humectées par l'eau douce.

[159a] Dans les eaux douces où pénètre la lumière, on trouve des filaments verts très-fins et ramifiés en tous sens. Ces végétaux, qui ont l'apparence d'un paquet de laine verte, ont reçu le nom de *conferves*. Uniquement composés de vésicules unies bout à bout et remplies d'un liquide où nagent de petits grains verts, ces filaments s'anastomosent (158f) de distance en distance au point de contact de deux cellules, et forment ainsi d'irrégulières et innombrables ramifications. Leur développement ne comporte qu'une augmentation du nombre des filaments. En général, les plantes de ces espèces n'ont point d'appareil spécial de reproduction. C'est-à-dire que si l'on sépare un fragment quelconque de la masse à laquelle il appartient, et qu'on le place dans des conditions convenables, il devient le point de départ du développement d'une nouvelle masse filamenteuse pareille à la première.

[159b] Dans l'eau de mer on trouve, quelquefois errantes mais d'ordinaire cramponnées aux fonds et aux rochers, des plantes d'un vert-olivâtre plus ou moins foncé, quelquefois rougeâtres, brunes et même noires, qui dans leur développement prennent des formes variées. Les plus remarquables sont composées de longs rubans cartilagineux, épais et festonnés ou dentelés. Entés les uns sur les autres, ils semblent déjà présenter une forme végétale assez distincte. Les crampons, par lesquels ils s'attachent, imitent une racine; la partie qui s'élève au-dessus des crampons rappelle la forme d'une tige; les parties supérieures sont ramifiées et disposées comme des rameaux. Mais en réalité ces végétaux n'ont point de racine, de tige, de rameaux ni de feuilles. Toute leur masse

est composée de cellules douées également, mais seulement, des propriétés d'absorption et d'élaboration qui caractérisent la cellule élémentaire. On les appelle *fucus*, *algues*; les habitants des bords de la mer les appellent aussi *goemonds*, *varechs*.

Cependant on voit apparaître ici des corps destinés à la reproduction. Dans l'épaisseur des lames membraneuses ou à leur surface, certaines cellules font saillie à l'extérieur. C'est là que s'élabore un corps reproducteur auquel on a donné le nom de *spore* (1).

Mais les cellules qui contiennent les spores n'ont rien de spécial. Elles sont semblables aux autres qui semblent toutes également aptes à contenir et à développer des spores. Il y a donc dans ces plantes des corps reproducteurs, mais point d'appareil spécial de reproduction.

[159c] Certaines plantes très-communes dans les eaux douces, les *chara* (charaïnes), sont tout entières composées de longs tubes articulés. Des nœuds de chaque articulation partent des rameaux formés de cellules tubulaires comme l'entre-nœud dont ils émanent. Ces rameaux sont disposés en *verticille* [158g]; le corps reproducteur ou *spore* présente les formes d'un entre-nœud très-peu développé. Les *radicelles* (petites racines) partent des entre-nœuds comme les rameaux.

On a constaté que le liquide intérieur des cellules ou tubes des charas est en mouvement; il s'y produit un mouvement ascendant d'un côté du tube, et un mouvement descendant de l'autre côté. Cette circulation (*intracellulaire*) a été observée dans les cellules de beaucoup d'autres plantes d'une organisation plus élevée, et l'on

(1) Du grec *spora*, semence.

est porté à croire qu'elle se produit à l'intérieur des cellules de tous les végétaux, du moins dans les premiers temps du développement des cellules.

[159d] Dans les lieux humides, même sous l'eau, croissent abondamment les nombreuses espèces de *mousses*; elles présentent des tiges très-déliées, et souvent ramifiées, qui portent de petites feuilles au milieu desquelles une suite de cellules plus allongées que les autres dessinent une ébauche de nervure médiane. Ces jolis végétaux ont de petites racines chevelues et ramifiées. Les *spores* ou corps reproducteurs se développent dans des *réceptacles* en forme d'urne, auxquels on a donné le nom de *sporangies*, nom générique, d'ailleurs, de tout organe végétal distinct contenant des spores.

Plusieurs espèces de mousses, après qu'elles ont été arrachées et séchées, et que leur végétation a été longtemps interrompue, peuvent, lorsqu'elles sont de nouveau exposées à l'humidité, ressusciter et recommencer à végéter.

[159e] Les bois humides abritent les diverses espèces de *lycopodes*. Leurs feuilles rappellent celles des mousses, mais leur tige est plus ferme et droite, leurs racines plus profondes. Leurs spores sont contenues dans de petits sacs jaunâtres, situés à la base des feuilles. La tige de ces plantes montre un axe *vasculaire* [158f] qui les rapproche de la constitution des végétaux d'un ordre élevé.

[159f] Dans les prairies marécageuses croissent les *presles* (équisétaées); elles ressemblent à un petit arbre vert de vingt à soixante centimètres de hauteur. Elles sont formées de longues articulations creuses et fermées intérieurement par des cloisons. De chaque articulation partent des rameaux en verticille. Les rameaux se ramifient de même, mais la plante est dépourvue de feuilles.

Les racines sont profondes. L'appareil qui contient les spores est placé à l'extrémité de la tige, et est beaucoup plus compliqué que chez les végétaux qui précèdent. Mais dans la tige des presles on ne retrouve pas les longs vaisseaux des lycopodes.

[159g] Tout le monde connaît les *fougères*. On voit au printemps sortir de terre leurs *frondes* recourbées comme des crosses d'évêque. Cette fronde est formée par la feuille roulée sur elle-même de telle manière que, dans son jeune âge, la face inférieure est cachée. Bientôt cette feuille solitaire se déroule à l'extrémité d'un pétiole très-fort et plus ou moins allongé selon les espèces. Dans nos climats, la tige reste couchée et rampante sous la terre ; mais entre les tropiques, sous la zone la plus chaude du globe, cette tige s'élève verticalement [29] dans l'atmosphère jusqu'à la hauteur de quinze ou vingt mètres.

Les feuilles des fougères diffèrent beaucoup de forme selon les espèces ; quelques-unes sont profondément et très-délicatement découpées ; toutes présentent des nervures nombreuses, souvent plus ramifiées encore que celles des plantes dicotylées. Les feuilles des fougères arborescentes sont réunies en touffe au sommet de la tige, ce qui donne à ces grands végétaux beaucoup de ressemblance avec les palmiers. La structure interne de leur tige est très-élémentaire : au centre, on trouve une masse cellulaire ; près de la circonférence, un anneau de gros vaisseaux ligneux de formes très-inégales et irrégulières ; en dehors de cet anneau vasculaire, on voit une zone cellulaire recouverte par l'épiderme dans le jeune âge, et, plus tard, par une enveloppe coriace formée des bases des anciennes feuilles, tombées à mesure que la tige s'est élevée.

Dès qu'elle a atteint une certaine hauteur, la tige des fougères arborescentes cesse de croître en diamètre; elle s'élève seulement en conservant la même grosseur. Mais, près de la base, un grand nombre de filaments radiculaires sortent de cette tige, descendent vers la terre, et forment à l'entour un feutrage épais qui s'élargit en cône [24i] jusqu'au sol.

Chez toutes les fougères, les spores sont contenues dans de petites capsules rangées à la face inférieure des feuilles.

Il existe dans nos climats des plantes de ce genre, qui, ainsi que certaines mousses, sont susceptibles de végéter de nouveau vigoureusement après avoir été arrachées du sol et longtemps desséchées.

[159h] Nous venons de parcourir rapidement une suite de végétaux où la complication des formes et des organes est croissante, mais reste bien éloignée des appareils perfectionnés des dicotylées. Ce qui les distingue particulièrement, c'est la simplicité des corps reproducteurs. Chez les plus élémentaires, *bissus*, *conferves*, toutes les cellules qui composent la plante paraissent aptes à la reproduire. A partir des *fucus* jusqu'aux *fougères*, nous voyons bien des corps reproducteurs, les *spores*; mais ces corps n'ont rien de la structure des graines des dicotylées: point d'enveloppes, point de cotylédons, ni de plumule, ni de racine. Les spores ne sont que des vésicules remplies d'une substance huileuse variable selon les espèces. Elles ne donnent point passage à un embryon développé en elles par la germination; elles se développent directement en s'allongeant par un point de leur contour, et bientôt le développement tigellaire accompagne le développement radiculaire par la formation de nouvelles cellules. Dans l'étude de la génération végétale, nous verrons même que

les spores ne reproduisent pas toujours immédiatement la plante dont elles émanent.

L'absence de cotylédons a fait donner aux plantes où on la constate le nom générique d'*acotylédonnées*, c'est-à-dire *sans cotylédons*.

Les espèces qui se reproduisent ainsi par leur simple cellule végétale ou par des spores sont extrêmement nombreuses, et encore n'en connaît-on probablement qu'une partie; mais les végétaux de cette classe que nous venons de décrire, rapprochés de ceux qui vont suivre, suffiront pour mettre le lecteur en état de comprendre le développement historique de la végétation.

[159i] Les eaux sont habitées par un grand nombre d'autres végétaux herbacés d'une organisation un peu plus élevée que les espèces précédentes. La structure de leurs tiges, composées surtout de cellules agglomérées avec des intervalles remplis d'air, est encore très-simple. Les vaisseaux circulatoires y sont très-rares. Ces végétaux se distinguent par un appareil reproducteur plus compliqué. Une ébauche de fleur, assez remarquable chez plusieurs, y produit un embryon d'une organisation plus ou moins distincte selon les espèces, et qui consiste essentiellement en une tigelle ou radicule très-renflée sur le côté, et une excroissance très-petite où l'on croit reconnaître l'indice d'un seul cotylédon. Ce renflement de la tigelle est riche en fécule et joue dans la germination le rôle des cotylédons [158u].

Ces espèces sont beaucoup plus abondantes dans l'eau douce que dans l'eau de mer; elles sont les plus imparfaites de celles qui, à cause de leur unique cotylédon, ont été rangées par les classificateurs sous le titre général de *monocotylédonnées*.

[159j] Après un grand nombre de végétaux intermédiaires dont la description, même sommaire, ne saurait trouver place ici, viennent des espèces (*les cypéracées*) beaucoup plus organisées que les précédentes; elles croissent sur la terre ou dans les lieux marécageux; elles sont herbacées; leurs feuilles en forme de rubans étroits portent des nervures longitudinales parallèles [24h]. Leur tige pleine, sans nœuds, est triangulaire dans certaines espèces, telles que le *souchet*, où les feuilles sont tristiques, c'est-à-dire disposées autour de cette tige comme les plumes d'une flèche à trois barbes. Les tiges que l'on voit s'élever dans l'air ne sont, dans beaucoup d'espèces, que les rameaux annuels de tiges souterraines que l'on nomme *rhisomes*.

La fleur des cypéracées est inférieure en organisation à la fleur de certaines des espèces aquatiques dont nous venons de parler. Leur embryon offre encore avec un cotylédon rudimentaire un renflement de la tigelle, comme dans les espèces précédentes; mais il est de plus enveloppé d'une couche épaisse d'une matière farineuse à laquelle on a donné le nom de *périsperme*. Ce périsperme est un magasin de nourriture destinée au développement de l'embryon lors de sa germination.

[159k] Dans tous les terrains et presque sur tous les points du globe, depuis les marécages jusqu'aux sables arides, on trouve les innombrables espèces des *graminées*.

Assez voisines des cypéracées par leur organisation, les graminées ont souvent, comme elles, une tige souterraine d'où s'élèvent leurs *chaumes* ou tiges aériennes. Caractérisées par des renflements ou nœuds d'où part chaque feuille, ces tiges diffèrent en outre de celles des cypéracées en ce qu'elles sont creuses et fermées inté-

rieurement par une cloison à la hauteur de chaque nœud.

Les feuilles, semblables à celles des cypéracées et à nervures parallèles, sont ordinairement disposées de chaque côté de la tige en barbes de plume. A l'aisselle de ces feuilles, dans beaucoup d'espèces, naissent des bourgeons d'où résulte leur ramification. L'embryon ressemble à celui des cypéracées. Le cotylédon unique, très-petit, y est encore accompagné d'un renflement de la tigelle et d'un périsperme farineux; mais, au total, la formation de l'embryon est plus avancée que dans les cypéracées, et ses parties sont plus distinctes.

Toutes nos céréales, l'orge des murs, l'ivraie, le riz, le maïs, le sorgho, la canne à sucre, les roseaux, les bambous, partagent ces caractères. La plupart des espèces sont annuelles et herbacées. Chez d'autres, le chaume est annuel, et les tiges sont souterraines et vivaces : tel est le chiendent. Enfin, les grands roseaux du midi de l'Europe atteignent jusqu'à sept et huit mètres de hauteur, et les bambous des tropiques sont de véritables arbres de dix à quinze mètres.

Les végétaux dont nous venons de parler forment une série assez bien suivie; mais il n'en sera plus de même de ceux que nous citerons encore.

[159] Réunissant des caractères empruntés aux espèces précédentes, tous habitants des contrées les plus chaudes de la terre, *les palmiers* ont généralement comme les fougères arborescentes une tige nue, souvent très-élevée, d'un diamètre à peu près égal dans toute sa longueur, et terminée par une touffe de longues feuilles. Comme chez les fougères, des racines filamenteuses descendent de la partie inférieure de la tige vers la terre et forment un feutrage épais. L'organisation de cette tige

est très-différente de celle des dicotylées; elle ne se ramifie que dans très-peu d'espèces, on n'y trouve point de couches concentriques [158c]. Répandus dans une masse cellulaire, les faisceaux fibreux au centre de la tige sont rares et écartés les uns des autres; ils deviennent plus nombreux, plus volumineux et plus colorés vers la circonférence, de sorte que la section horizontale de cette tige présente une constitution intermédiaire entre celle des fougères en arbre et celle des dicotylées; et tandis que la solidité, la dureté de la tige des dicotylées décroît du centre vers la circonférence, dans les tiges des palmiers c'est le contraire. D'ailleurs, le palmier n'a point de liber, et son écorce n'est qu'une couche de tissu cellulaire. Enfin, dans quelques espèces, la tige est traçante et souterraine.

Leurs feuilles, très-grandes, sont de deux formes selon les espèces : les unes plissées avec nervures en éventail à l'extrémité d'un long pétiole; les autres allongées avec nervures en barbes de plume de chaque côté du pétiole. Leurs fleurs, coriaces, naissent à l'aisselle des feuilles. Leur fruit, quelquefois énorme, comme chez le cocotier, est essentiellement formé d'un périsperme très-dur dans lequel est niché un petit embryon où l'on croit reconnaître un seul cotylédon.

La fleur des palmiers est composée de deux verticilles de trois folioles. Les étamines sont au nombre de six; quelquefois trois seulement. Le pistil est composé de trois ovaires. Cette disposition par trois ou par multiple de trois doit être remarquée, parce qu'elle est très-générale dans les fleurs des plantes dont l'embryon est monocotylé.

[159m] Le *bananier*, dont le fruit nourrit les habitants

des contrées les plus chaudes de la terre, se rapproche des palmiers par ses grandes feuilles à nervures parallèles transversales. Les longues gaines [158f] de ces feuilles forment une apparence de tige aérienne; mais la vraie tige est cachée sous le sol. Un certain nombre d'espèces (les musacées) se rapportent à ce même type.

D'autres espèces monocotylées, parmi lesquelles figure le végétal qui fournit l'arrow-root, se rapprochent des musacées par leurs feuilles et leurs tiges, mais s'en éloignent beaucoup par leurs fleurs dont l'irrégularité est singulière.

D'autres espèces, telles que le gingembre, voisines encore des précédentes par leurs feuilles et leurs tiges, portent aussi des fleurs irrégulières; mais l'irrégularité de celles-ci est autre. Et, chose exceptionnelle, la graine monocotylée présente deux périspermes de nature différente, dont l'un enveloppe l'autre, qui, lui-même, enveloppe l'embryon.

[159n] Un type de plantes monocotylées dont les espèces sont très-nombreuses et variées, est celui auquel se rapportent les lis, la tulipe, la jacinthe, l'ail, l'oignon, le poireau, etc. Dans nos climats, les *liliacées* sont toutes herbacées; leurs tiges, pour la plupart, sont en forme de bulbes souterraines (1); mais, dans les climats chauds, il en est d'arborescentes, et l'un des plus gros arbres connus sur le globe, le draconier des Canaries, est une liliacée. En général, chez les liliacées, les feuilles sont allongées, à nervures parallèles. Les fleurs portent six folioles sur deux rangs, six étamines disposées de même en deux verticilles, et trois ovaires.

(1) Vulgairement appelées *oignons*.

Les *amarillidées* auxquelles se rapportent les *narcisses*, et les *iridées* auxquelles se rapportent les *iris*, sont des groupes d'espèces monocotylées qui, par leur organisation, se rapprochent plus ou moins des liliacées.

[159o] On voit, par ce qui précède, qu'en général, chez les végétaux dont l'embryon est muni d'un seul cotylédon, les feuilles portent des nervures parallèles longitudinales (fig. 10) et non point des nervures anastomosées, comme celles des dicotylées [158f]. Mais il existe des espèces où, quoique l'embryon ne porte pas deux cotylédons, les feuilles présentent une ressemblance plus ou moins grande avec les feuilles des dicotylées. Quelques-unes de ces espèces se trouvent même au bas de l'échelle végétale, parmi les plantes dont la fleur n'est que rudimentaire et où l'embryon est sans périsperme (aroidées). Chez d'autres espèces (dioscoréacées), les nervures et la forme des feuilles sont très-semblables à celles des dicotylées; dans leur embryon, le cotylédon unique est aplati comme ceux d'un grand nombre de dicotylées, et l'organisation totale de ces plantes étant, pour le reste, celle des monocotylées les plus parfaites, elles doivent être considérées comme des intermédiaires entre les monocotylées et les dicotylées.

[159p] Les *cycadées*, groupe peu nombreux, réunissent des caractères empruntés aux végétaux les plus éloignés dans la série générale. Extérieurement, ces arbres ressemblent aux palmiers; leur tige est de même, longue, droite, simple et couronnée de grandes feuilles. A l'intérieur, ces tiges présentent les couches concentriques des dicotylées; mais chaque couche paraît n'être formée que très-lentement et en un plus ou moins grand nombre d'années. Leurs organes reproducteurs sont une combi-

raison de ceux des conifères et de ceux d'un groupe de végétaux très-inférieurs, les équisétacées. L'embryon mûr s'y montre accompagné de plusieurs autres très-petits qui ont avorté.

[159q] Le vaste groupe d'espèces que l'on désigne sous le nom de *conifères*, parce que leur fruit est généralement conique, présente des caractères très-semblables dans toutes les espèces. Leurs tiges offrent intérieurement les couches concentriques annuelles des dicotylées. Leurs racines sont peu profondes, très-menus et chevelues. Leurs feuilles, groupées différemment selon les espèces, sont en général très-petites et en forme d'aiguilles; pourtant, dans quelques espèces, elles sont plus larges, et chez d'autres, même, elles atteignent aux proportions ordinaires d'un limbe. Excepté chez les mélèzes, les feuilles des conifères persistent l'hiver; c'est pourquoi les conifères sont désignés souvent sous le nom d'*arbres verts*.

Leurs organes reproducteurs sont d'une simplicité remarquable. L'ovule ou graine n'y est pas, comme dans l'immense majorité des végétaux, contenu dans un ovaire ou enveloppe spéciale. Les ovules, nus comme chez les cycadées, sont d'abord groupés de même en certain nombre sur une écaille; dans ce nombre, un ou deux ovules seulement se développent; les autres avortent. L'embryon rappelle ceux des végétaux inférieurs; c'est une radicule entourée d'un gros périsperme et surmontée de follicules souvent nombreux et verticillés, où l'on a cru voir autant de cotylédons, ce qui leur a fait donner le nom de polycotylédones. En réalité, cet embryon n'est guère qu'un très-petit bourgeon élémentaire où les follicules se développent par la germination en un verticille de feuilles analogues à celles de l'arbre lui-même.

Outre les pins, sapins, mélèzes, cyprès, l'if et le genévrier, ce groupe, qui n'offre aucune plante herbacée, renferme beaucoup d'autres espèces d'arbres, et notamment les gigantesques pins, de plus de cent mètres de haut, récemment découverts dans l'Amérique du Nord.

[159r] Il existe des plantes dont l'embryon porte un cotylédon très-développé, et en outre l'indice, le rudiment d'un autre cotylédon. Telle est la châtaigne d'eau, fruit du *trapa* (onagrariées), et entre ce fruit et les embryons dont les deux cotylédons sont parfaitement égaux, on peut ranger une multitude de végétaux dont les cotylédons présentent tous les degrés d'inégalité intermédiaires.

[159s] Il est remarquable que, parmi les végétaux dont l'embryon est nettement dicotylé, la plupart des grandes et belles espèces d'arbres portent des organes reproducteurs très-simples et même très-incomplets. Ainsi, le groupe de végétaux auxquels on a donné le nom d'amentacées (1), parce que leurs fleurs ont pour enveloppe seulement des écailles rassemblées en épis que l'on nomme *chatons*, comprend le chêne, le châtaigner, le hêtre, le charme, l'orme, le bouleau, le peuplier, le saule, le platane, l'orme, etc.

Pourtant, c'est dans un groupe d'espèces dicotylées peu nombreuses, les bombacées, dont la fleur rappelle celle des mauves (malvacées) que l'on trouve les arbres les plus gros de la terre, entre autres le baobab. Le développement des arbres de ce groupe, tous habitants des contrées tropicales, est surtout extraordinaire en largeur; leur tronc, en forme de barrique ou d'œuf allongé, étend horizontalement des branches d'une longueur extrême.

(1) Du latin *amentum*, chaton.

En général, si parmi les végétaux dicotylés on met d'une part ceux dont les proportions sont les plus grandes, et d'un autre côté ceux dont les organes reproducteurs sont les plus compliqués ou bien les plus parfaits, on verra que parmi ceux-ci il n'existe aucun végétal de la taille des premiers, et que parmi les plus grands végétaux dicotylés, il en existe très-peu dont les organes reproducteurs puissent être rangés parmi les plus compliqués, et l'on trouve à mi-chemin entre eux un très-grand végétal, le baobab.

Cette observation s'applique également et avec une singulière identité aux monocotylées. Sauf le draconier, les palmiers sont les plus grands monocotylés; or, leurs organes reproducteurs s'éloignent fort de la perfection. Les *orchidées* sont de toutes les monocotylées celles qui ont les fleurs le plus compliquées; or, ces plantes sont de très-petite taille, et on trouve à mi-chemin une énorme liliacée, le draconier.

Elle s'applique également aux végétaux dont l'embryon n'est pas cotylédoné. Les plus grands sont les fougères arborescentes où il n'y a pas même un rudiment de fleur; les feuilles portent directement les spores. Et ce sont les petites équisétacées qui dans cette classe portent les organes reproducteurs les plus compliqués.

Enfin, c'est parmi les conifères, dont les organes reproducteurs sont si simples, que se trouvent les gigantesques pins de l'Amérique du Nord, c'est-à-dire les végétaux les plus élevés de la terre.

[159t] Nous venons de parcourir une suite d'espèces où l'organisme va croissant, depuis les bissus jusqu'aux conifères. Au-dessus de celles-ci, c'est-à-dire supérieures aux conifères, nous retrouvons les dicotylées dont nous

avons étudié succinctement l'organisation particulière, telle qu'elle se montre dans le chêne. Mais parmi la multitude d'espèces dont l'embryon est dicotylé, très-peu atteignent les proportions et la durée des chênes.

Les plantes acotylées présentent à elles seules plusieurs séries d'organisations, depuis l'humble bissus jusqu'aux fougères arborescentes. Ces bissus ne durent que peu de jours; d'autres plantes, les charas, par exemple, durent toute une saison; certaines fougères, chez nous notamment, poussent chaque année de nouvelles feuilles chargées de spores qui meurent à l'automne; la tige seule reste vivante sous le sol; et, sous les tropiques, d'autres fougères atteignent les proportions et la durée d'un grand arbre.

De même, les monocotylées, à elles seules, présentent plusieurs séries d'organisations où, depuis les humbles espèces aquatiques jusqu'aux superbes palmiers et au draconnier d'Orotava, la distance est grande; et entre ces termes extrêmes on trouve beaucoup plus d'espèces intermédiaires, soit quant à la durée, soit quant à la taille, qu'on n'en trouve entre les bissus et les fougères en arbre.

De même, enfin, les dicotylées présentent des séries analogues, mais beaucoup plus riches, non-seulement par la supériorité générale de l'organisme, mais par le nombre des formes végétales intermédiaires, depuis les plus mignonnes espèces cachées sous l'herbe jusqu'aux châtaigners de l'Etna.

[159u] Si nous considérons la durée du végétal, nous voyons d'abord des plantes herbacées dont la végétation parcourt en très-peu de temps toutes ses phases, depuis la germination jusqu'à la fructification et la mort: tels sont le cresson alénois, le cerfeuil. On nomme *annuelles*

toutes ces espèces dont la végétation ne dure qu'un an au plus.

D'autres espèces, pendant la première année, germent et développent les organes de leur végétation, mais ne fleurissent et ne fructifient que la seconde année : tels sont les choux, les betteraves, etc. On nomme ces espèces *bisannuelles*.

D'autres, tels que le beau pois rose, l'asperge, l'aconit, la pivoine, l'ancolie, poussent des rameaux herbacés qui fleurissent, fructifient et meurent dans le cours d'une saison, mais dont la tige ou ses analogues [158i] [159j] continuent à vivre sous la terre et poussent chaque été une nouvelle tige herbacée. On appelle ces plantes *vivaces*.

LES PARASITES.

[160] Cet examen rapide d'un certain nombre de formes végétales très-diverses, et des fonctions fondamentales des organes, nous permet de reconnaître maintenant que le type végétal complet est essentiellement composé d'une racine et d'une tige, ramifiée ou non, portant des feuilles et des fleurs.

La racine pompe les liquides de la terre ; les feuilles respirent et élaborent l'air atmosphérique. La tige est un réceptacle général, elle met en communication les racines et les feuilles. Les fleurs produisent l'embryon, elles le portent et l'abritent comme dans un berceau.

Ainsi, l'être végétal est une sorte de travailleur ; il fouille la terre pour y chercher sa nourriture, il aspire et expire sans cesse les gaz, il combine lui-même et en lui-même les matériaux qu'il a rassemblés ; il doit son

accroissement à ces diverses besognes, et après qu'il a rendu service à une multitude d'autres êtres, il emploie le surplus de ses forces et de sa substance à reproduire son espèce.

[160a] Mais il y a des plantes qui ne prennent point tant de peine et ne se donnent que de l'agrément. Elles ne vont point chercher péniblement leur subsistance dans la terre; la plupart même n'élaborent point les gaz : elles plongent simplement leurs suçoirs au pied ou dans les flancs des végétaux travailleurs, et là elles pompent, tout à leur aise, les sucs élaborés par les feuilles et les racines d'un autre.

Les espèces de ces végétaux sont peu nombreuses dans nos climats; mais quoiqu'elles aient été fort mal étudiées et mal comprises jusqu'à ce jour, il paraît qu'elles sont beaucoup plus répandues et plus variées dans les contrées chaudes.

Ces végétaux, en général, n'ont ni force, ni grandeur, ni beauté. Leurs tissus sont d'ordinaire mous et décolorés; beaucoup d'entre eux exhalent une odeur nauséabonde.

La plupart s'établissent sur les racines des autres végétaux; leur tige est en général simple, et quand elles se ramifient, ce n'est que sous le sol. Telles sont :

Certaines espèces (balanophorées) qui croissent sur les racines baignées par l'eau de mer. Elles n'ont point de feuilles, seulement des écailles qu'elles portent en spirale comme les autres végétaux. Le système de leurs fleurs est assez simple, mais il forme presque toute la partie aérienne du végétal, c'est-à-dire qu'extérieurement elles se réduisent presque à une fleur.

Le *cytinus*, qui croît sur les racines des cistes dans le

midi de la France, est de même sans feuilles et se réduit extérieurement à un système floral assez simple, mais très-développé.

L'*orobanche*, qui croît sur les racines du chanvre, est de même sans feuilles et se réduit à une fleur dont le système se range parmi les plus perfectionnés, tandis que la fleur du pauvre chanvre est beaucoup plus simple. Or, quand vous saurez que les fleurs sont les lits d'amour des plantes, vous comprendrez ce qu'il y a d'abominablement symbolique dans ce fait profond et si général, que les parasites ont des fleurs beaucoup plus perfectionnées que la fleur du végétal qu'ils exploitent. — Nous reviendrons sur ce fait.

Le *monotropa* croît sur les racines du chêne ; il est sans feuilles et réduit à une fleur beaucoup plus perfectionnée que celle du chêne.

Le *rafflesia*, géant de ces espèces, qui croît à Sumatra et à Java sur les racines du *cissus angustifolia*, n'a point de feuilles ni de tige aérienne ; c'est seulement une fleur qui atteint parfois plus d'un mètre de diamètre et peut peser de six à huit kilogrammes. Elle emploie trois mois à se développer et répand une odeur de cadavre.

Dans cette classe des parasites, la *cuscuta* a des habitudes un peu différentes. Sa tige, mince comme un fil, s'enroule autour des tiges du genêt, de la luzerne, etc., et y enfonce ses suçoirs. Elle ne porte que des folioles presque invisibles, et ses nombreuses fleurs se développent en groupes. Elle finit par tuer le végétal qu'elle suce.

Viennent ensuite d'autres espèces, un peu moins méprisables, qui se donnent du moins la peine de développer leurs feuilles et d'élaborer les gaz : tel est le *gui* qui dans nos climats pousse sur les tiges du chêne et du

pommier. Comme toujours chez les parasites, les fleurs du gui sont beaucoup plus perfectionnées que celles des arbres sur lesquels il s'établit. Et son feuillage résiste à l'hiver qui fait tomber les feuilles des pommiers et des chênes.

Le *lierre* représente parmi les végétaux ces gens qui travaillent vigoureusement, mais auxquels tout est bon, et qui ne craignent point de voler et de mal faire pour se faire du bien. Il pousse des racines en terre et de nombreuses et belles feuilles aériennes. Or, sa tige est fort grêle, quoique ligneuse, et il aime l'air comme un honnête végétal. Il grimpe donc le long des murs et s'y accroche par des racines qu'il enfonce entre les pierres. Pousser des attaches qui sont des racines, c'est, à coup sûr, plus habile et plus spirituel que de s'entortiller simplement comme ferait un haricot, ou que de s'accrocher par des vrilles comme ferait un pois ; mais il monte aussi le long des arbres, enfonce dans leur écorce ses racines, dont l'action ne saurait être aussi innocente qu'on le prétend, et s'attache aux arbres, et les serre si bien, qu'ils périssent. Voilà le méfait. Il va sans dire que ses fleurs sont très-perfectionnées, et, comme le gui, il conserve ses feuilles l'hiver.

[160*b*] Nous pourrions parler encore des *lichens*, ces êtres rudimentaires qui s'attachent partout, même aux pierres ; nous devrions peut-être parler des champignons, ces parasites de la pourriture qu'ils élaborent en poisons. Mais les mérites du lichen d'Islande, de la morille et de l'agaric comestible, prix Monthyon de ces espèces, ne nous arrêteront pas. On a vu, au surplus [158*t*], que nous avons quelques doutes sur la véritable nature de ces êtres.

Ajoutons cependant que des champignons microscopiques, accompagnant toujours la maladie de la vigne, la maladie des pommes de terre et plusieurs affections des animaux et de l'homme, la teigne entre autres, sont accusés et convaincus d'en être cause.

Il est vrai que ces misérables, s'appuyant sur de récentes observations, peuvent essayer de soutenir à M. Raspail et à tous ceux qui, après lui, imposent une si grande responsabilité à leur affreuse famille, qu'ils sont les produits, immondes il est vrai, de ces maladies, leur symptôme consécutif et inséparable, mais non point la cause de ces maladies.

Nous croyons qu'ils sont l'un et l'autre, séparément ou successivement, selon des cas à distinguer.

PHÉNOMÈNES D'ORDRE SUPÉRIEUR CHEZ LES VÉGÉTAUX.

[161] L'étude de la sève, des feuilles, des tiges et des racines nous a fait connaître, chez les végétaux, plusieurs sortes de mouvements, les uns mal expliqués encore peut-être [158*n*], les autres résultant, selon toute apparence, d'une polarité comparable à celle que manifestent les corps aimantés, et en certains cas les corps électrisés; c'est-à-dire que les deux moitiés du végétal sont influencées *par la terre* et *par la lumière* d'une manière qui rappelle l'action de la terre sur un barreau aimanté, la terre attirant l'une des parties du végétal et repoussant l'autre, la lumière attirant la partie que repousse la terre et repoussant la partie qu'attire la terre.

Cette action attractive et répulsive de la terre sur les extrémités contraires de certains corps n'est pas nouvelle pour nous [70], mais l'action attractive et répulsive de

la lumière nous apparaît pour la première fois dans l'histoire des phénomènes, et elle peut être un motif nouveau de considérer la lumière comme une des modifications de la même force inconnue à laquelle il faut rapporter les phénomènes magnétiques, électriques, caloriques et d'affinité [102].

[161a] L'influence de la lumière se manifeste plus visiblement encore sur la fleur du *grand soleil* qui se dirige pendant tout le jour vers l'astre dont elle porte le nom ; sur les *belles de jour* qui s'épanouissent le matin et se ferment le soir, et enfin sur les *belles de nuit*, qui, au contraire, se ferment le matin et s'épanouissent le soir.

Les fleurs de certaines plantes se ferment en plein jour un peu avant qu'une pluie tombe ; d'autres, au contraire, ne se tiennent épanouies que par un temps brumeux, et se ferment en plein jour quand le temps devient très-pur. — Malheureusement, les auteurs de ces observations n'ont pas assez nettement recherché si ces mouvements sont dus aux variations de la lumière par suite de la présence ou de l'absence des nuages, s'ils sont dus seulement à l'état d'humidité ou de sécheresse de l'air, ou si les deux causes interviennent dans le phénomène.

[161b] Enfin, on observe chez certains végétaux des mouvements d'un ordre supérieur, dont nous recherchons ailleurs la signification.

Lorsque l'on touche les folioles qui composent la feuille d'une *sensitive*, elles se rapprochent aussitôt et s'appliquent simultanément les unes sur les autres. Toutes les parties de la feuille ne sont pas également sensibles : si l'on touche avec la pointe d'une aiguille une tache blanche qui existe à la base des folioles, le phénomène est beaucoup plus rapide.

Le phénomène est d'ailleurs susceptible de modifications bien remarquables qui sans doute n'ont pas été toutes reconnues ; ainsi, lorsqu'on coupe avec des ciseaux la moitié d'une foliole inférieure, bientôt la foliole mutilée et celle qui lui est opposée se rapprochent ; puis les suivantes se rapprochent successivement et par paires jusqu'à l'extrémité de la feuille ; enfin, une sensitive emportée dans une voiture ferme d'abord ses feuilles par l'effet du cahotement, mais elle les rouvre ensuite peu à peu et ne les referme plus.

Chez une plante du Bengale, dont les feuilles sont composées d'une grande foliole terminale et de deux petites latérales, la grande foliole s'incline alternativement de droite à gauche, et les deux petites se tordent et s'infléchissent alternativement, en sens contraire, de chaque côté du pétiole.

On a même observé des mouvements analogues dans les feuilles des pois et des haricots.

[161c] Beaucoup de plantes pendant la nuit modifient la disposition de leurs feuilles. Chez les unes, les folioles se replient en-dessous du pétiole en s'appliquant l'une contre l'autre par leur page inférieure. Chez le baguenaudier, elles se replient, au contraire, en appliquant l'une contre l'autre leurs faces supérieures. Chez la sensitive, les folioles pendant la nuit s'appliquent le long du pétiole, comme lorsqu'on les touche.

[161d] La température des végétaux est sensiblement la même que celle du milieu ambiant [39]. Mais, pendant la germination, la température des graines peut s'élever de 5° à 25° au-dessus de celle du milieu ambiant ; il en est de même au moment de la floraison : dans le *colocasia odorata*, on a vu une élévation de 22°.

Il est indubitable que le développement végétal consistant en une fixation, c'est-à-dire une solidification de substances gazeuses et liquides, cette solidification doit être accompagnée d'un dégagement de chaleur [60]; mais la lenteur de cette opération générale et aussi, sans doute, la transpiration insensible du végétal [61] en voient le résultat pour l'observateur.

L'élévation de la température des graines est attribuée à la grande quantité de carbone qui pendant la germination s'y combine avec l'oxygène de l'air; mais il n'a pas été fait d'observations précises pour constater si la chaleur dégagée par la graine est représentée tout entière par la combustion du carbone de l'acide produit. D'ailleurs, le dégagement de cet acide carbonique et son origine ne sont pas hors de doute dans tous les cas, puisqu'on a vu des graines germant dans l'eau dégager de l'oxygène.

Et quant au *colocasia odorata*, il me semble impossible d'attribuer le phénomène exclusivement à la production d'acide carbonique dont la fleur paraît être le siège; surtout si, comme il résulte de l'ouvrage que j'ai sous les yeux, la plante tout entière élève de 22° sa température au moment de la floraison.

Voilà un beau champ d'expériences pour les savants de profession, qui n'en savent pas plus que moi là-dessus, et peuvent disposer — hommes bienheureux!! — des instruments qui me manquent pour étudier ces phénomènes dont l'importance est extrême.

[161e] Et puisque nous en sommes sur *les doutes*, disons ce que nous conjecturons de la circulation végétale.

On a vu que l'ascension de la sève n'est pas bien ex-

pliquée par le seul concours de l'endosmose, de la capillarité et de l'évaporation, et nous confesserons que le mouvement de la *sève descendante* dont nous avons, à dessein, évité de parler, n'est pas expliqué du tout; mais nous avons fait connaître [159c] la circulation intra-cellulaire qui, dans les cellules végétales, consiste en un mouvement ascendant d'un côté et descendant de l'autre, lequel ne peut, en aucune manière, être expliqué par l'endosmose, la capillarité et l'évaporation.

Eh bien, il nous paraît que la circulation, tant ascendante que descendante, des végétaux supérieurs, se rapporte surtout à la même cause que la circulation intracellulaire, quelle que soit cette cause.

Ce n'est pas sans un commencement de preuve que nous en présumons ainsi; mais les moyens d'observation dont nous avons pu disposer étant très-imparfaits, nous ne pouvons considérer comme décisifs les résultats qu'ils nous ont fait entrevoir.

CLASSIFICATIONS.

NOMENCLATURE.

[162] Nous voici loin des commencements du monde, car tout ce que nous venons de dire se rapporte à la végétation actuelle. Il semblera d'abord que dans ce chapitre nous nous éloignons bien plus encore de l'histoire antique de la terre. Pourtant, l'étude que nous allons faire ici est à la fois l'une des plus importantes dans l'ensemble des sciences, et celle peut-être qui tendra le mieux l'intelligence du lecteur vers le but général de ce livre.

La science a pour objet immédiat la connaissance des lois selon lesquelles se produisent les phénomènes (37);

elle parvient à cette connaissance par l'observation directe et par voie d'expérience (29).

La science a, de plus, pour but philosophique supérieur : 1° la connaissance des forces dont l'action produit les phénomènes (1), et 2° l'interprétation des lois.

Or :

Les phénomènes se produisent sans dire leur nom.

Les forces, invisibles, agissent en silence.

Les lois dans l'univers n'ont point de titre, elles ne se proclament point; nous sommes réduits à les chercher et à les constater dans l'obéissance universelle des substances et des êtres.

Dès les premiers temps de notre race, les hommes ont imposé des noms aux principaux phénomènes, et même, lorsque le phénomène se produisait avec bruit, leur naïve sagesse les conduisait à nommer le phénomène par une imitation du bruit qu'ils entendaient. C'est ainsi que dans toutes les langues le *tonnerre* est exprimé par un mot qui imite ses éclats, ses roulements.

Aucun phénomène, pas plus que le tonnerre, ne nous dit son nom. Ils passent en foule autour de nous, sur nous, en nous, sans nous connaître. Et les lois, même constatées, sont des choses sans nom, comme les forces qui semblent leur obéir.

Quand il saisit pour la première fois un phénomène, une loi, un aspect de l'être, l'homme ne sait comment nommer ce prisonnier de son génie.

Il attendrait en vain : êtres et phénomènes, lois et forces, ils sont, ils se laissent saisir; mais ils se taisent.

(1). C'est-à-dire qu'elle recherche incessamment l'origine primitive de la force qu'elle voit agir [20].

L'animal même qui le premier de sa race se débat dans nos mains, crie, et ne nous dit pas son nom. Nous seuls sur le globe savons dire ce que nous sommes.

Il faut donc nommer ces inconnus qui s'ignorent. Pour les reconnaître, il faut leur dire : Tu es tel, et désormais tu t'appelleras tel. — Et c'est là le sens du mythe superbe de la Genèse hébraïque, où Adam nomme tour à tour les animaux qui passent devant lui.

Nous ne pouvons d'ailleurs nous entendre avec nos semblables et communiquer ce que nous savons des êtres et des phénomènes qu'en leur imposant des noms. Et si un être, tel qu'un chêne, présente un grand nombre de parties différentes, nous sommes obligés de donner des noms différents à toutes ces parties.

[162a] L'ensemble de ces noms des choses dont s'occupe chaque science constitue la *nomenclature*. Ainsi, racine, tige, rameau, feuille, foliole, pétiole, limbe, etc., sont des termes de la nomenclature particulière de la botanique. On conçoit que dans chaque science ces noms doivent être très-nombreux, d'autant que chaque objet porte souvent plusieurs noms.

La nomenclature occupe donc une grande place dans la science ; mais elle est un exemple essentiel de l'imperfection nécessaire attachée à nos procédés intellectuels. En effet, voici que pour apprendre à connaître les *réalités*, c'est-à-dire les êtres, et les lois, et les forces (ce qui est la vraie fin de la science), il faut commencer par apprendre une multitude de noms arbitraires et qui, au fond, n'ont aucun lien avec les êtres qu'ils sont appelés à faire reconnaître. Car il est clair que ce que nous appelons *herbe*, nous pourrions l'appeler tout autrement, comme en effet des centaines de millions d'hom-

mes l'appellent autrement dans leurs divers langages.

Dans toute étude, nous devons donc passer par les mots avant d'arriver aux choses, et pour apprendre n'importe quoi, nous sommes obligés à deux études pour chaque détail : 1° il nous faut apprendre le nom qu'on lui donne ; et 2° il nous faut apprendre la chose en elle-même.

Toute science se compose de deux sortes de connaissances dont l'une importe bien plus que l'autre, quoiqu'elle soit nécessairement liée à l'autre. L'une est la connaissance des réalités qui existaient avant qu'on les eût nommées, et qui sont toujours les mêmes, quelque nom qu'on leur donne ; l'autre est la connaissance des noms par lesquels on désigne les réalités.

J'insiste, et je dis : Dans l'ensemble des connaissances qui constituent une science il y a deux parties : 1° une partie relative à l'homme, faite par l'homme ; et 2° une partie indépendante de nous, qui n'a pas été faite par nous, et que nous avons apprise directement par l'observation et par l'expérience.

Ainsi, une pierre abandonnée à elle-même dans l'atmosphère tombe vers la terre : ce fait entre dans nos connaissances physiques, et il serait le même si nous ne le connaissions pas ; il ne dépend pas de nous. Mais nous appelons *pesanteur* la force qui précipite la pierre, et *loi de la pesanteur* la manière constante dont elle tombe ; ces expressions font partie également de nos connaissances physiques ; mais elles sont créées par nous.

Ce qu'il est important de savoir, c'est la réalité, quels que soient les mots. Si l'on pouvait enseigner et apprendre la réalité dégagée de mots, ce serait mieux ; et c'est en effet ainsi que les esprits supérieurs se représentent à eux-mêmes les choses. Mais, faute de pouvoir se

passer de nomenclature, au moins faut-il la simplifier et la réduire le plus possible; c'est à quoi je me suis constamment appliqué, convaincu que ce qu'il importe le plus de faire connaître à l'immense majorité des lecteurs ce sont les généralités et non point les détails. En effet, une seule généralité bien connue explique plus de choses et renferme une plus grande somme de vérité *réelle* que n'en contiennent mille termes de nomenclature correspondant à des détails.

[162*b*] La nomenclature ne compose pas à elle seule le bagage humain des sciences. Dans la botanique, notamment, les *classifications* occupent une grande place. Elles doivent être comptées parmi les œuvres les plus remarquables de l'intelligence. Et en apprenant à connaître leur objet et leur utilité, nous nous rapprocherons tout à coup de notre but.

Au milieu des innombrables productions de la nature et de notre industrie, la nomenclature peut bien nous faire reconnaître les objets quand ils se trouvent sous nos regards et sous nos mains; mais il faut un autre secours intellectuel, un procédé spécial pour nous aider à les retrouver sans perdre trop de temps à fouiller l'amas des choses quelconques où ils se trouvent.

Or, le but primitif des classifications est de constituer un arrangement des choses tel, que nous puissions facilement retrouver l'une quelconque de ces choses parmi toutes les autres.

La tendance à imaginer des classifications est universelle dans l'humanité.

L'enfant *range* ses jouets, les bons hommes d'un côté, les petits moutons de l'autre. C'est un essai de classification.

Toute bonne ménagère, en tout pays, à certains jours, *range* dans la maison. Jours redoutables, où elle s'arroge une autorité bruyante et sans bornes, que tous respectent instinctivement.

Sur le buffet, elle place les vases de métal selon l'ordre de grandeur, et aussi les vases de terre, le tout aligné en une série à plusieurs étages; les couteaux, les cuillers, les fourchettes en un groupe avec plusieurs divisions. Dans l'armoire, elle dispose régulièrement les habits selon leur nature. Ailleurs, on voit les nappes empilées à côté des serviettes, puis les chemises et tout le linge du chef de la famille, puis les chemises et les beaux fichus de la ménagère, puis les petites nippes des enfants. Quand elle a tout disposé selon son plan elle se calme, et d'un air satisfait où perce un juste orgueil, elle dit à toute la famille qui, sans en excepter le père, voit arriver avec plaisir la fin de cette grave opération : Ah ! si je n'étais pas là pour ranger, que deviendriez-vous tous ?

C'est en effet à cette classification de tout le ménage que chacun d'eux doit une partie de son bien-être, et rien qu'en voyant l'armoire de la ménagère, on peut juger du degré d'ordre et d'économie qu'elle apporte au gouvernement intérieur qui est son partage.

De même, le jardinier classe chez lui ses outils, ses plants, ses graines; et dans son jardin il distribue ses semis et ses cultures.

De même, un auteur classe dans son livre les matières dont il traite; et un bon classement est l'une des plus grandes difficultés pour l'écrivain et l'un des mérites les plus utiles au lecteur, — quoique peu apprécié.

Pour retrouver facilement un objet parmi beaucoup d'autres, toutes sortes d'arrangements ne sont pas égale-

ment bons; il y en a d'excellents, de médiocres, de détestables.

Prenons pour exemple une bibliothèque. Voici trois mille volumes à ranger : on peut d'abord mettre d'un côté tous les livres reliés, et d'un autre côté tous les livres non reliés, les brochures; puis dans chaque division mettre ensemble tous les formats semblables.

Cette classification rendra sans doute de grands services; il suffira de se rappeler si le livre dont on a besoin est relié, et quel est son format, pour trouver aussitôt le groupe de livres qui le contient et n'avoir plus qu'à le chercher parmi un certain nombre de volumes. Mais un tel mode de classement est très-imparfait, car on peut oublier quel est le format d'un livre et s'il est relié; d'ailleurs, s'il existe dans cette bibliothèque cinq cents volumes d'un même format, il faudra chercher parmi ces cinq cents volumes; enfin, les ouvrages de format différent qui traitent d'une même science se trouveront dispersés dans divers groupes de livres.

On pourrait ranger cette bibliothèque de bien d'autres manières qui seraient plus où moins utiles; mais n'y en aurait-il pas une plus rationnelle (1) que les autres?

Qu'est-ce qu'un livre? — C'est un professeur toujours prêt à donner leçon.

Quel est le caractère principal de ce professeur? — Ce n'est ni le format, ni la couleur de la couverture, ni la qualité de l'impression, ni le nombre des volumes de chaque ouvrage. Tout livre traite d'une matière quelconque : c'est là le caractère principal.

(1) Ici, *rationnel* signifie : qui est fondé sur le raisonnement (du latin : *ratio*, raison).

C'est donc par la distinction entre les diverses matières, les diverses branches des connaissances et des divertissements ou des spéculations (1) de l'intelligence, que doivent être déterminées les divisions d'une bibliothèque.

De plus, ce monument de la pensée humaine doit montrer un ordre dans lequel non-seulement on passe du simple au composé, mais dans lequel, autant que possible, on ne passe à une étude nouvelle qu'après toutes les études préparatoires.

Et comme l'étude des choses où la pensée humaine intervient sans cesse, non pas seulement comme miroir de l'univers, mais comme puissance créatrice, offre une double complication, on doit faire trois divisions générales, la première comprenant tous les ouvrages de *science* pure, où l'homme se borne à observer et à démontrer des réalités, des phénomènes. Cette division, qui commencera par les mathématiques, se terminera par la physiologie générale.

La seconde division comprendra *les sciences appliquées* : art de l'ingénieur, navigation, agriculture, médecine, hygiène, etc., etc. Enfin, la troisième division comprendra d'un côté les ouvrages qui traitent principalement de l'intervention humaine, et d'un autre côté ceux qui sont le produit le plus direct de la pensée. Cette division, qui sera plus difficile à classer, comprendra d'un côté l'histoire aboutissant à la politique, et de l'autre la poésie et la philosophie aboutissant à la religion.

On voit que l'ordre des ouvrages, dans ces divisions, est déterminé par l'ordre rationnel des matières.

(1) Ici, *spéculation* signifie : recherche théorique, développement abstrait d'une conception de l'esprit [24a].

La classification fondée sur le format était *arbitraire* (1), et c'est ce qu'on appelle une *classification artificielle*.

La classification fondée sur l'ordre des matières est tirée de la nature même des choses, et c'est ce qu'on nomme une *classification naturelle*.

C'est en botanique que les classifications ont pris le plus d'importance, et il y avait pour cela beaucoup de motifs. Les plantes ayant fourni dès l'antiquité des médicaments et des aliments précieux, on dut enseigner à les reconnaître. On imagina les *herbiers*, où chaque plante est conservée sèche et peut servir en tout temps à l'étude. Dès que le nombre des plantes étudiées et connues fut considérable, il fallut mettre de l'ordre dans ces herbiers, c'est-à-dire classer les plantes; chaque botaniste le fit d'abord à sa guise.

Mais le nombre des plantes connues ayant atteint plusieurs milliers, il devenait impossible à une mémoire humaine de retenir les caractères et le nom de chacune. Pourtant il fallait pouvoir non-seulement les reconnaître et les trouver facilement dans les herbiers, mais s'entendre entre botanistes. Il fallait donc imaginer une classification qui fût à la fois, pour tous les botanistes, un catalogue raisonné pour les herbiers et les livres, et une méthode pour connaître facilement le nom d'une plante cueillie dans un champ ou dans un bois, pourvu qu'on eût présents à la mémoire, ou décrits dans un livre, des signes distinctifs suffisants.

On établit d'abord certaines généralités.

[162c] Chacun sait que dans un pré ou un bois, par

(1) Arbitraire signifie : qui est produit par la seule volonté de l'homme, sans avoir de règle ni de fondement naturel.

exemple, on voit souvent à la fois beaucoup de plantes très-différentes, beaucoup de plantes semblables entre elles, et un assez grand nombre de plantes qui, sans être tout à fait semblables, présentent des ressemblances.

On s'accorda à nommer *espèce* l'ensemble de toutes les plantes semblables; ainsi, tous les individus *pommier* formèrent *l'espèce pommier*, tous les individus *pêcher* formèrent *l'espèce pêcher*, etc.

On s'accorda à nommer *variété* l'ensemble des individus qui ne diffèrent de ceux de leur espèce que par très-peu de points, mais dans lesquels ces différences sont persistantes et se perpétuent (1).

On s'accorda à nommer *genre* l'ensemble des espèces qui, bien que différentes, présentent certains rapports, certaines similitudes.

Il ne pouvait guère y avoir alors de discussion sur les limites de l'espèce, c'est-à-dire sur la question de savoir en quoi chaque espèce se distingue d'une espèce différente; car, au premier abord, rien ne paraît plus tranché que l'ensemble des caractères *spécifiques*, c'est-à-dire qui distinguent une espèce.

Mais, dès lors, on ne s'entendit pas aussi facilement sur les caractères *génériques*, c'est-à-dire sur la question de savoir en quoi un genre se distingue d'un autre genre (2).

Sans faire l'histoire des diverses méthodes de classifications qui furent employées, ni des systèmes qui furent proposés ou mis en pratique, nous entrerons dans

(1) C'est ainsi que la *reinette*, la *calville*, appartiennent à des variétés de l'espèce *pommier*.

(2) Nous compléterons ceci ailleurs.

quelques détails nécessaires pour faire comprendre les questions que soulèvent les classifications, et dont la portée est très-grande. Nous tâcherons de déduire clairement ces aridités; mais le lecteur qui veut s'instruire et comprendre l'univers ne peut pas se dispenser ici de nous seconder de toute son attention.

A moins que vous n'y ayez jamais songé, vous trouvez tout naturel que, pour produire et amener jusqu'à votre main le petit pain dont vous déjeunez, il ait fallu le concours de plusieurs centaines d'ouvriers et plusieurs années d'efforts. Mais pour qu'il vous nourrisse, encore faut-il que vous le preniez, et qu'après l'avoir porté à votre bouche, morceau par morceau, vous le mangiez.

N'espérez donc pas acquérir une connaissance dont puisse se nourrir votre esprit, sans un effort et une méditation proportionnée. N'oubliez pas que ces connaissances devenues si claires ont été conquises lentement, douloureusement, par des armées de chercheurs, inconnus aujourd'hui pour la plupart, et que chacun des courts chapitres que nous vous offrons n'a pu être préparé que par les travaux de cent génies infatigables et supérieurs. Vous leur devez bien un petit effort : c'est dans l'espoir de cette récompense qu'ils ont pris tant de peine.

Au siècle dernier, le suédois Linné imagina de classer méthodiquement les végétaux par la considération des particularités diverses que présentent les étamines et les pistils, ou leur absence. Il fit donc d'abord deux divisions : d'une part, les plantes *phanérogames* qui ont des étamines et des pistils; de l'autre, les *cryptogames* qui n'en ont point.

Les premières formèrent aussi deux divisions : l'une, où les étamines et les pistils sont réunis dans la même

fleur [158*h*]; l'autre, où ces organes sont portés sur des fleurs différentes.

Selon que : 1^o les étamines et les pistils adhèrent ou non ; 2^o les étamines sont libres ou adhérentes entre elles ; 3^o les étamines sont égales ou inégales ; 4^o il existe dans la fleur une étamine ou deux, ou trois ; etc. ; selon que les fleurs mâles et femelles existent sur le même individu ou sur des individus séparés, etc., etc., il rangea tous les végétaux, connus alors, en vingt-quatre classes, et, dans ces classes, les végétaux furent rangés selon des considérations semblables.

Quand il s'agit seulement de trouver le nom d'une plante, cette classification, qui date de 1734, est encore la meilleure pour aider une personne qui débute dans l'étude de la botanique et qui étudie seule.

Mais cette classification *artificielle* (1), puisqu'elle était fondée sur un caractère pris arbitrairement et non sur l'ensemble du végétal, réunissait souvent dans une même classe des genres de plantes absolument différentes, qui n'avaient d'autres rapports entre elles que la disposition de quelques parties de leurs fleurs. Il est vrai que, dans certaines classes, les genres qui se trouvaient réunis, ou quelques-uns seulement, présentaient dans leur ensemble des ressemblances frappantes. D'un autre côté, Magnol, botaniste français du xviii^e siècle, avait déjà enseigné qu'un grand nombre de genres offrent ainsi des similitudes et présentent un air de *parenté*, quoique leurs fleurs

(1) Du reste, Linné lui-même fut le premier à dénoncer l'imperfection de son système artificiel, et en 1738 il publia un essai de méthode naturelle où les genres connus de son temps étaient disposés selon l'ordre de leurs affinités telles qu'elles avaient pu être déjà constatées alors.

différent en beaucoup de parties. De là, on avait conçu l'idée d'appeler *familles* ces groupes, ces genres d'espèces *parentes*, quoique différentes sous beaucoup de rapports.

Il y avait donc à faire un travail nouveau pour grouper naturellement les genres d'après des similitudes convenables, de même que, dans les genres, on avait groupé les espèces.

Afin de reconnaître ces groupes naturels, Adanson, botaniste français, construisit, à l'égard de seize cents plantes, soixante-cinq systèmes ou classifications artificielles d'après soixante-cinq bases différentes; c'est-à-dire qu'à l'imitation de Linné qui avait pris pour base de sa classification des considérations relatives aux étamines et au pistil, Adanson prit successivement pour base d'un examen systématique, les racines, les feuilles, les branches, etc., enfin, toutes les parties de ces végétaux et tous les points de vue sous lesquels on peut les rapprocher.

Comparant ensuite ces soixante-cinq systèmes, il forma des *familles naturelles* de tous les genres de plantes qui présentaient le plus de similitudes dans chacun des soixante-cinq systèmes, en tenant compte cependant du principe suivant, que : *Il y a des caractères plus importants que d'autres.*

Ce travail gigantesque fit faire de grands pas à la science, mit en lumière le principe que nous venons de dire, et détermina plusieurs familles réellement naturelles, mais ne parvint pas à classer d'une manière incontestable en familles également naturelles tous les genres de plantes connus alors. Le nombre des plantes connues augmentant rapidement, cette tentative ne fut bientôt plus qu'un monument de volonté et de méthode,

après lequel il restait encore presque tout à faire pour réaliser une classification naturelle des plantes.

Enfin, en 1789 parut l'ouvrage d'A. de Jussieu où le problème de la détermination des *ordres naturels* (1) est traité avec une grande clarté, et qui marque, à très-peu près, le terme extrême où est parvenue la théorie de la méthode en matière de classification naturelle.

[162d] Dans l'état actuel de la botanique, le but définitif de la classification est parfaitement indiqué : *il s'agit de ranger les végétaux de manière à faire ressortir leurs ressemblances et leurs différences, et à les rendre sensibles toutes à la fois.* Voici sur quels principes elle est fondée. Presque tous les systèmes passés y ont apporté quelque chose.

On établit d'abord trois grandes divisions :

1° Végétaux dont les corps reproducteurs n'ont point de cotylédons. — On les nomme *acotylédonnés* ou *acotylés*.

2° Végétaux dont les embryons n'ont qu'un cotylédon. — On les nomme *monocotylédonnés* ou *monocotylés*.

3° Végétaux dont les embryons ont deux cotylédons. — On les nomme *dicotylédonnés* ou *dicotylés*.

Dans chacune de ces trois grandes divisions, les plantes sont distribuées par familles. Et voici sur quels principes sont formées ces familles :

Dans l'ensemble des caractères communs à un certain nombre d'espèces, tous n'ont pas la même valeur. Il en est qui sont plus importants que d'autres, il en est qui semblent dominer toute l'organisation. Comme exemple de ces *caractères dominateurs*, nous citerons par excellence

(1) Il désigne par cette expression ce que Magnol et Adanson avaient appelé *familles naturelles*.

celui qui se rapporte à l'existence d'un ou de deux cotylédons. En effet, si la plante n'a qu'un cotylédon, ses feuilles sont presque toujours à nervures parallèles; elle se ramifie rarement; elle a des fleurs dont les divisions sont presque toujours ternaires dans chaque verticille; sa racine n'est presque jamais pivotante, etc. Si la plante a deux cotylédons, ses feuilles sont presque toujours à nervures anastomosées dans toutes les directions; elle a des fleurs dont les divisions sont presque toujours quinaires ou quaternaires; elle se ramifie; elle a souvent une racine pivotante, etc., etc.

C'est donc par ces caractères dominateurs, considérés dans toutes les parties d'une plante, dans l'ordre de leur importance, que doit être résolue la question de savoir si une plante appartient à telle famille ou à telle autre.

Les caractères des familles étant déterminés et tous les genres de végétaux distribués en familles, il s'agit encore de classer les familles dans l'ordre naturel. Pour cela on procède d'après les considérations suivantes:

« Tout être organisé l'est à un degré d'autant plus
« élevé que sa vie résulte de l'exercice d'un plus grand
« nombre de fonctions et que les organes chargés de les
« exécuter sont plus composés. Parmi les fonctions gé-
« nérales, les unes sont d'un ordre supérieur aux autres;
« ce sont celles qui ne sont pas communes à tous, mais
« deviennent l'attribut particulier d'un certain nombre
« d'êtres. Ceux qui en sont doués l'emportent en effet
« nécessairement sur les autres, puisque, outre les mêmes
« actes, ils exécutent un certain nombre d'actes différents,
« et que la capacité de ceux-ci suppose celle des pre-
« miers. C'est donc par la capacité de ces actes en plus,

« par ce qu'on est convenu d'appeler la dignité des fonctions, qu'on peut constater le degré de l'organisation...

« Il serait facile de prouver par le même raisonnement que la même fonction peut, suivant les différents êtres, offrir différents degrés de dignité, puisqu'elle ne s'exercera pas d'une manière identique dans tous, mais dans les uns par certains actes, dans les autres par d'autres actes ajoutés aux premiers. Les organes qui en sont les agents se multiplient et se perfectionnent donc dans la même proportion. »

« La classification naturelle ayant pour but de représenter ces différents degrés de l'organisation dans leur progression ascendante, devra s'attacher à constater dans chaque être ce qu'il a de plus élevé, d'abord comme fonction, puis comme organes qui y concourent; et on appellera ces organes les plus importants, non parce qu'ils sont les plus indispensables à la vie, qui peut souvent se conserver sans eux, mais parce que ce sont eux qui constituent la véritable nature de l'être qui en est pourvu, que c'est par eux qu'il est lui et non autre.

« Appliquons maintenant ces règles aux végétaux; nous y avons reconnu deux grandes fonctions : la nutrition et la reproduction. La seconde sera incontestablement la plus importante, dans le sens que nous venons d'attacher à ce mot, puisqu'elle suppose nécessairement la première, que la plante est, pendant une partie de sa vie, et peut pendant toute sa vie même être bornée aux organes de la végétation, mais qu'elle n'est complète que par le développement des autres. C'est donc d'après le perfectionnement graduel de ceux-ci que nous devons chercher à établir l'échelle du règne végétal. »

« La plante est d'autant plus parfaite, que nous voyons
« un plus grand nombre d'organes différents concourant
« ensemble à la reproduction... » (Jussieu. *Elém. de Bot.*)

Le lecteur trouvera sans doute que ces règles ne se dessinent pas à l'esprit avec une clarté suffisante; il ne s'expliquera pas facilement comment on pourrait les appliquer avec une précision scientifique : après les avoir lues, il voudra les relire, et, après plusieurs lectures, il sera fatigué, attristé, en voyant qu'il n'est pas plus avancé; il se croira en une mauvaise disposition d'esprit peut-être, même il jugera que ceux qui sont en état d'appliquer ces règles sont de bien grands esprits. Qu'il se détrompe, ces règles sont pour tout le monde comme pour lui; ceux qui les appliquent sont souvent fort embarrassés de les expliquer ou de justifier l'application qu'ils en ont prétendu faire. Et c'est afin que le lecteur puisse reconnaître ce qu'elles ont de vague et d'indéterminé, que nous les avons placées sous ses yeux.

En résumé, les auteurs de cette classification, après avoir reconnu qu'un grand nombre d'espèces forment réellement des familles naturelles, ont pensé que tous les végétaux devaient former ainsi des familles dont il s'agissait seulement de déterminer les caractères et les limites. On a voulu, en conséquence — on y travaille depuis bien des années — distribuer tous les végétaux par familles et établir entre ces familles un ordre dans lequel on passât du simple au composé, une sorte d'échelle où l'on vit ces familles occuper les échelons successifs, depuis le plus inférieur, non loin duquel sont les *bissus*, jusqu'au plus élevé, où sont placées maintenant les *composées*.

Cette classification appelée *naturelle* porte ainsi le titre qu'elle ambitionne, mais qu'elle ne mérite pas en-

core. Elle a été l'objet de critiques et d'éloges à la fois mérités et exagérés. Produit laborieux des efforts de beaucoup d'hommes éminents, elle a, malgré ses imperfections, rendu de grands services. Et ces imperfections mêmes, résultant de l'impossibilité de mettre d'accord la nature végétante, et *l'à priori* (1) sur lequel est basée cette classification, rendent aujourd'hui un nouveau service en posant à la fois des questions et des réponses sur plusieurs des points les plus importants de l'histoire du globe.

[162e] Constatons d'abord certains résultats énigmatiques, mais positifs, qu'a fait jaillir cette méthode appliquée au classement de cent et quelques mille végétaux de la Flore (2) aujourd'hui connue.

Dans ce nombre, beaucoup d'espèces présentent en effet, les unes avec les autres, des ressemblances extérieures nombreuses et qui correspondent à des ressemblances intérieures; de telle sorte que ces espèces forment réellement des familles naturelles telles que les ont définies les auteurs de la méthode.

Et si l'on compare ces familles, on observe ce qui suit :

(1) *A priori*, expression latine souvent employée dans plusieurs sens, et qui signifie ici : un principe tenu pour absolument vrai avant que sa généralité ait été vérifiée.

En effet, après avoir observé des familles naturelles bien délimitées, croire que toutes les plantes formaient des familles également délimitées, et construire une classification sur ce principe, c'était construire sur un *à priori* qui ne s'est point vérifié.

(2) La population végétale d'un pays, d'une zone de la terre, se nomme la Flore de ce pays, de cette zone. La Flore, sans qualificatif, signifie la population végétale de tout le globe.

Pendant que les unes, telles que la famille des *composées* (1), contiennent des milliers d'espèces, d'autres ne contiennent que très-peu d'espèces.

Dans certaines familles, telles que les *légumineuses*, on trouve des végétaux de toute taille, depuis le haricot nain et le genêt jusqu'à l'acacia. Dans d'autres, telles que les *conifères*, on ne trouve que des espèces ligneuses; dans d'autres, telles que les *caryophyllées* (2), on ne trouve pas d'espèces ligneuses, toutes sont herbacées.

Dans certaines familles très-nombreuses, telles que les *conifères*, toutes les espèces sont à peu près moulées sur le même type, et les différences sont fort petites d'une espèce à une autre; si bien que l'échelle totale des différences entre toutes les espèces de la famille est très-courte. Au contraire, dans d'autres familles même moins nombreuses, c'est-à-dire contenant peu d'espèces, les différences entre les espèces sont beaucoup plus fortes; si bien que l'échelle des différences entre toutes les espèces de la famille est très-grande.

D'une famille à celle qui la suit, la différence est quelquefois très-petite; d'autres fois la différence est très-grande.

Parmi les nombreuses critiques qui ont été exprimées contre cette classification, je me bornerai à exprimer la suivante qui importe à mon sujet :

Il est vrai que le plus grand nombre des espèces se range nettement parmi les acotylées, ou les monocoty-

(1) On les appelle ainsi parce que chaque fleur est en réalité composée d'un nombre plus ou moins grand de petites fleurs pressées les unes contre les autres, ainsi qu'on peut le voir dans le *bleuet*, les *scabieuses*, par exemple, qui appartiennent à cette immense famille.

(2) Les *œillets*, les *lychnis*, appartiennent à cette famille.

lées, ou les dicotylées, mais il est certain qu'un grand nombre de végétaux présentent : ou l'embryon monocotylé et certains caractères des dicotylées, ou l'embryon dicotylé et certains caractères des monocotylées, ou des suites de gradations d'une classe à l'autre, et cela sous une multitude d'aspects. C'est-à-dire que certaines plantes semblent intermédiaires entre les monocotylées et les dicotylées sous le rapport des racines ou des tiges, ou des feuilles ou des fleurs, ou des embryons. Et en vain cherche-t-on à classer ces plantes dans des familles bien circonscrites, bien naturelles; elles y sont étrangères pour tout œil non prévenu, et ces étrangères qui, se refusant à entrer dans aucune famille, tiennent à la fois de plusieurs familles, sont assez nombreuses.

Parmi les critiques que l'étude de cette classification m'a suggérées à moi-même, je n'en énoncerai qu'une seule qui importe également à mon sujet :

Je pars d'abord de cette observation, qui ne peut être contestée, que le type supérieur de l'être végétant, eu égard aux organes de la végétation, c'est l'arbre. Or, s'il était vrai que la supériorité dans les organes reproducteurs emportât toujours et absolument un caractère de supériorité générale, ce serait en général sur les plus grands arbres que devraient se trouver les fleurs les plus compliquées. Or, c'est généralement le contraire. Donc, la classification actuelle pêche fondamentalement en ne tenant point assez de compte des organes de la végétation; ce qui la conduit à ce résultat absurde de ranger les parasites dans les familles les plus élevées en dignité, par cela seul que ces misérables végétaux ont des fleurs très-complètes.

Voilà certes une chose extraordinaire : des plantes

sans racine, sans rameaux et sans feuilles, sans matière verte, sans grandeur, sans solidité, sans force et sans durée pour la plupart, qui se trouvent rangées au nombre des plantes les plus complètes!

Les cactus, dont les fleurs sont si belles pendant que leurs autres organes sont si imparfaits, donnent une autre preuve du peu de solidité d'une classification où la perfection des fleurs est regardée comme si importante.

D'ailleurs, on n'a pas tenu assez de compte de plusieurs caractères très-importants. J'en citerai un dont je ne vois pas que les classificateurs s'occupent.

[162f] Parmi les dicotylées, un grand nombre d'embryons, dans la germination, poussent leurs cotylédons hors de terre, de sorte que ces cotylédons servent d'abord de feuilles au jeune végétal. D'autres ne poussent point leurs cotylédons hors de terre; ils y restent comme magasin de nourriture, et l'embryon pour respirer pousse immédiatement ses vraies feuilles hors de terre.

Quel est ici le caractère de supériorité? Je réponds que c'est que le cas où les cotylédons restent en terre. Parce que, en général, l'être organisé qui emploie un même organe à deux fonctions distinctes est inférieur à l'être qui emploie des organes différents à des fonctions distinctes.

Or, des cotylédons qui servent de feuilles, c'est-à-dire qui servent à la fois de magasin de nourriture et d'organes respiratoires, attestent que l'embryon, au moment de la germination, était encore trop imparfait pour développer immédiatement ses organes respiratoires. Au contraire, un embryon qui pousse immédiatement de vraies feuilles hors de terre nous prouve qu'il était plus parfaitement organisé que le premier, c'est-à-dire plus près de l'état d'un végétal complet. Et, en général, ces em-

bryons doivent appartenir à des espèces plus parfaitement organisées que celles où les cotylédons exercent cette fonction respiratoire. En effet :

Voici deux plantes de la famille des *légumineuses*, deux *papilionacées* très-voisines : le *haricot* et le *pois*. Le haricot pousse ses cotylédons hors de terre, le pois les garde en terre. Y a-t-il quelque signe de supériorité chez le pois? — Oui.

Le pois et le haricot sont incapables de se soutenir dans l'atmosphère sans un appui; ce sont des plantes grim-pantes. Mais pendant que le haricot, faute d'organes *préhenseurs* (c'est-à-dire capables de prendre, de saisir), est obligé d'enrouler sa tige autour des appuis qui se trouvent près de lui, le pois, muni d'organes *préhenseurs*, de *vrilles*, s'attache par elles aux appuis environnants et garde la *dignité* de sa tige.

Il y aurait un travail à faire pour constater la supériorité, plus ou moins générale, des plantes dont les cotylédons restent en terre. Le chêne se trouve dans ce cas.

En définitive, la série d'un nombre quelconque de plantes d'après les organes de la végétation n'est pas du tout la même que la série des mêmes plantes d'après les organes de la reproduction.

Faute de tenir compte de cette vérité et d'un grand nombre de caractères très-importants, on met tout en haut de l'échelle la famille des *composées*, qui ne comprend guère que des plantes de médiocre stature, et l'on arrive à l'absurdité relative aux parasites.

Enfin, quoi qu'on fasse et quelle que soit l'élasticité des règles que l'on établit, il y a un très-grand nombre de plantes qui se refusent absolument à entrer dans les casiers des classificateurs.

DE LA SÉRIE.

[163] Nous avons parlé souvent de *série*.

Fidèle à notre méthode, nous avons cherché d'abord à montrer des exemples de série, sans définir la série en général. Il faut maintenant tâcher d'en donner une notion abstraite, — je me garde bien de dire précise.

Ce n'est chose facile ni simple, mais c'est chose *sine qua non* (1).

Quand on ne considère dans l'univers que les faits et les êtres, et toutes choses individuellement par le détail, on satisfait sa curiosité d'une manière amusante, mais l'on se perd dans la multitude des choses sans s'élever à aucune vue d'ensemble, c'est-à-dire à aucune idée générale.

Quand on considère les faits et les êtres comme présentant tous des différences et des ressemblances assez nombreuses et assez tranchées pour les rendre tous également aptes à entrer dans les casiers d'une classification, on se débarrasse des détails. Marchant hardiment à travers ces multitudes qu'il chasse devant soi et qu'il parque comme des troupeaux, l'esprit s'élève à des vues d'ensemble, à des généralités d'où il découvre à la fois réellement beaucoup de choses, ou plutôt beaucoup d'aspects des choses. Mais on s'aperçoit tôt ou tard que ces généralités sont incomplètes ou trop absolues, c'est-à-dire fausses.

L'étude de la série, seule, peut nous conduire invaria-

(1) Prononcez : *Siné qua none*. Locution latine souvent employée et qui signifie : chose indispensable sans laquelle on ne peut rien.

blement à la vérité dans l'étude de l'univers. Elle nous porte d'un seul coup dans le ventre des choses.

Sans cesse variée, et toujours elle-même dans ses innombrables aspects, soit qu'on la considère comme conception de l'esprit, soit qu'on la considère comme ordre des choses de l'univers, elle reste toujours : la théorie et le fait, l'intellectuel et le réel, étroitement liés.

Instrument de l'ordre formidable qu'elle nous révèle, elle nous le révèle à la fois dans tous les sens avec une instantanéité violente, grandissante, infinie, indissoluble, qui nous fait tourbillonner, nous éblouit et nous écrase. Et pendant que notre pensée meut cet instrument merveilleux et redoutable, trop puissant et trop large pour nos étroits cerveaux, nos mains, comme effrayées du péril, viennent d'elles-mêmes soutenir notre front accablé.

Concevoir bien nettement la série dans l'univers n'est pas l'affaire d'un instant. Pour l'état actuel de la connaissance humaine, c'est le terme suprême et dernier de la science.

Aussi ne chercherons-nous à la faire comprendre que par degrés.

[163a] D'après le Dictionnaire de l'Académie, le mot *série* signifie : suite, succession.

Cette définition est tout à fait insuffisante et n'indique même qu'un aspect vague d'un seul des trois caractères de la série. Cela tient surtout à ce que cette définition fut établie à une époque où la série n'était pas encore scientifiquement reconnue. L'idée latente, le sentiment de la série, ont existé de tout temps dans l'humanité; mais elle n'était pas un sujet d'observation, ni de théories, ni de réflexions méthodiques. On rapportait à cette expression des assemblages, des suites d'objets identiques,

comme 1,1,1,1..., 3,3,3,3..., qui ne sont nullement des séries, aussi bien que les suites progressives, telles que 1,2,3,4, etc., 1,4,7,10, etc., qui sont réellement des séries.

Dans la recherche que nous abordons de la nature de la série et des moyens d'en communiquer la notion, nous sommes abandonné à nous-même.

Deux hommes seulement jusqu'ici ont écrit d'une manière plus ou moins dogmatique sur la série : Charles Fourier, au commencement de ce siècle, a découvert la loi sérielle et en a proclamé, le premier, l'universalité. Il a reconnu et déclaré que tous les êtres, tous les phénomènes de l'univers, sont *sériés*, c'est-à-dire appartiennent à une série quelconque. Là s'est bornée sur ce point l'œuvre de Fourier. Il a donné de nombreux exemples de série, souvent très-remarquables, parfois risibles ; mais cet étrange génie, systématiquement hostile à tout procédé logique, n'a nulle part fait connaître avec précision en quoi consistait la loi sérielle, ni recherché les caractères fondamentaux de la série. On peut même douter qu'il y ait jamais pensé. Une fois en possession de ce puissant instrument, il s'en est servi sans l'examiner, sans le bien connaître, ni donner aucun procédé pour que d'autres pussent s'en servir. Aussi tout ce qu'en ont dit ses plus savants disciples n'est qu'une modulation des discours de Fourier, sans plus de rigueur que chez leur maître.

Depuis lors, P.-J. Proudhon (1) a mieux étudié la série. Il a cherché à reconnaître ce domaine inconnu où germe l'avenir de la pensée humaine ; à plusieurs re-

(1) *Création de l'ordre dans l'humanité.*

prises même il y a pénétré profondément. Mais pour construire la démonstration méthodique des propriétés de la série, il lui manquait, ainsi qu'il le dit bien lui-même, une connaissance assez large et précise des sciences d'observation; et trois lectures du travail de ce dialecticien célèbre m'ont prouvé qu'il avait aperçu toute l'immensité et toute l'importance de ce sujet, mais ne m'ont rien fourni de net et de solide pour l'enseignement de la notion générale de la série. Il s'est même trompé gravement sur les caractères essentiels de la série, et a confondu avec elle des assemblages uniformes, des suites d'unités uniformes.

J'offrirai donc ici le résultat de mes propres réflexions.

[163b] Nous avons supposé jusqu'ici que le lecteur connaît l'arithmétique, et s'il l'ignorait presque, ce ne serait en vérité qu'un médiocre obstacle à ce qu'il comprit ce qui va suivre sur la série. Cependant, nous allons rappeler quelques-uns des principes relatifs aux progressions. Nous savons bien que ce paragraphe, très-inutile à ceux qui ont étudié les mathématiques, ne sera ni intéressant ni suffisant pour ceux qui ne les connaissent point. Mais je me souviens que, dans le cours de mes premières études positives, lorsqu'une expression que j'avais déjà vu employer dans une science se retrouvait dans une autre, sans que *le livre* (car j'étudiais seul) me déclarât d'abord si elle avait encore le même sens qu'ailleurs, j'étais très-inquiet. De même, lorsque, dans une suite de raisonnements, *le livre* faisait allusion à quelque principe d'une autre science, sans montrer d'une façon claire comment ce principe se rattachait à l'objet qui avait motivé l'allusion, j'étais arrêté. Il me fallait avec grand travail et casse-tête chercher à retrouver la ligne

de jonction rationnelle. J'y parvenais presque toujours; mais alors même je n'étais pas certain que mon explication fût celle qu'avait sous-entendue *le livre*. Ces tâtonnements fatiguent l'intelligence beaucoup plus qu'ils ne l'exercent; ils dépensent une énergie et un temps précieux : je veux les éviter à ceux qui liront ma *Genèse* dans le même esprit où je l'aurais lue à quinze ans. C'est pour ceux-là surtout que je trouve un dur plaisir à combattre les rebutantes difficultés d'une telle œuvre; car ceux-là sont mes frères et mes sœurs. Ils me sauront gré d'avoir placé ici les principes suivants, presque textuellement extraits de Bezout.

Raison ou *rapport*. Ces mots expriment le résultat de la comparaison de deux quantités.

Si dans la comparaison de deux quantités on a pour but de connaître de combien l'une surpasse l'autre, ou en est surpassée, le résultat de cette comparaison, qui est la différence de ces deux quantités, se nomme leur *rapport arithmétique*.

Ainsi, si je compare 15 avec 8 pour connaître leur différence 7, ce nombre 7, qui est le résultat de la comparaison, est le rapport arithmétique de 15 à 8.

Si dans la comparaison de deux quantités on se propose de connaître combien l'une contient l'autre, ou est contenue en elle, le résultat de la comparaison se nomme leur *rapport géométrique*.

Par exemple, si je compare 12 à 3 pour savoir combien de fois 12 contient 3, le nombre 4 qui exprime ce nombre de fois est le rapport géométrique de 12 à 3.

Les deux quantités que l'on compare s'appellent l'une et l'autre les *termes* du rapport.

Proportions. — Lorsque quatre quantités sont telles

que le rapport des deux premières est le même que le rapport des deux dernières, on dit que ces quatre quantités forment une *proportion*, et cette proportion est arithmétique ou géométrique, selon que le rapport qu'on y considère est arithmétique ou géométrique. (Un point entre chaque terme et deux points entre les deux rapports indiquent une proportion arithmétique; deux points entre chaque terme et quatre points entre les deux rapports indiquent une proportion géométrique.)

Les quatre quantités 7:9:12:14 forment une proportion arithmétique, parce que la différence des deux premières est la même que celle des deux dernières. Pour énoncer la proportion ainsi écrite, on dit : *7 est à 9, arithmétiquement, comme 12 est à 14.*

Les quatre quantités 3:15::4:20 forment une proportion géométrique, parce que 3 est contenu dans 15 autant de fois que 4 l'est dans 20, et pour énoncer la proportion ainsi écrite, on dit : *3 est à 5 comme 4 est à 20.*

Le premier et le dernier terme de la proportion se nomment les *extrêmes*; le deuxième et le troisième se nomment les *moyens*.

La propriété fondamentale des proportions arithmétiques est que *la somme des extrêmes est égale à la somme des moyens*. Par exemple, dans cette proportion 3:7:8:12, la somme 3 et 12 des extrêmes, et celle 7 et 8 des moyens, sont également 15.

La propriété fondamentale de la proportion géométrique est que *le produit des extrêmes est égal au produit des moyens*; par exemple, dans cette proportion 3:15::7:35, le produit de 35 par 3, et celui de 15 par 7, sont également 105. C'est sur cette propriété qu'est fondée *la règle de trois*, si employée et si utile.

Progressions. — La progression arithmétique ou par différence est une suite de termes dont chacun surpasse celui qui le précède, ou en est surpassé de la même quantité. Par exemple, cette suite :

÷1.4.7.10.13.16.19.22.25. etc.,

est une progression arithmétique, parce que chaque terme y surpasse celui qui le précède d'une même quantité qui est ici 3, et qui s'appelle *rapport, raison* ou *différence*. Cette progression s'énonce ainsi : 1 est à 4 comme 4 est à 7, comme 7 est à 10, etc.

La progression est dite *croissante* ou *décroissante*, selon que les termes vont en augmentant ou en diminuant.

D'après la définition de la progression arithmétique, on voit qu'avec le premier terme et la différence commune ou le rapport de la progression, on peut former tous les autres termes, en ajoutant consécutivement ce rapport, et que, par conséquent :

Le second terme est composé du premier, plus le rapport ou différence ;

Le troisième est composé du second, plus la différence, et, par conséquent, du premier, plus deux fois la différence ;

Le quatrième est composé du troisième, plus la différence, et, par conséquent, du premier, plus trois fois la différence ; de sorte que, en général, *un terme quelconque d'une progression arithmétique est composé du premier, plus autant de fois la différence qu'il y a de termes avant lui.*

Ce principe, entre autres applications, sert à trouver un terme quelconque d'une progression arithmétique sans qu'on soit obligé de calculer ceux qui le précèdent. Qu'on demande, par exemple, quel serait le centième

terme de la progression ci-dessus. Puisque ce terme cherché doit être le centième, il a donc 99 termes avant lui; il est donc composé du premier terme 1, et de 99 fois la différence 3; il est donc 1 plus 297, c'est-à-dire 298.

La progression *géométrique* ou *par quotient* est une suite de termes dont chacun contient celui qui le précède, ou est contenu en lui le même nombre de fois. Par exemple, cette suite :

$$\div 3:6:12:24:48:96:192, \text{ etc.}$$

est une progression géométrique, parce que chaque terme contient celui qui le précède le même nombre de fois, qui est ici 2, et qui s'appelle *rapport* ou *raison*. Cette progression s'énonce comme la progression arithmétique.

La progression est dite *croissante* ou *décroissante*, selon que les termes vont en augmentant ou en diminuant.

Puisque le second terme contient le premier autant de fois qu'il y a d'unités dans la raison, il est donc composé du premier multiplié par la raison.

Puisque le troisième terme contient le second autant de fois qu'il y a d'unités dans la raison, il est donc composé du second multiplié par la raison, et par conséquent du premier multiplié par la raison et encore par la raison, c'est-à-dire deux fois par la raison.

Puisque le quatrième terme contient le troisième autant de fois qu'il y a d'unités dans la raison, il est donc composé du troisième multiplié par la raison, et par conséquent du premier multiplié trois fois par la raison.

Par exemple, dans la *progression ci-dessus*, 6 est composé du premier terme 3 multiplié par la raison 2; 12 est composé du premier terme 3 multiplié par le carré 4, de

la raison 2; 24 est composé du premier terme multiplié par le cube 8 de la raison 2.

On voit qu'un terme quelconque d'une progression géométrique est composé du premier multiplié par la raison autant de fois qu'il y a de termes qui précèdent ce terme quelconque.

Ce principe peut servir à calculer tel terme qu'on voudra de la progression, sans être obligé de calculer ceux qui le précèdent. Si l'on demande, par exemple, quel serait le douzième terme de la progression $\div 3:6:12$, etc., comme je sais que ce terme doit être composé du premier multiplié par la raison autant de fois qu'il y a de termes qui précèdent le terme demandé, je multiplierai ce premier terme 3 onze fois par 2, ce qui me donnera 6144 pour le douzième terme de la progression.

Les *logarithmes* sont des nombres en progression arithmétique qui répondent, terme pour terme, à une pareille suite de nombres en progression géométrique. Si l'on a, par exemple, la progression géométrique et la progression arithmétique suivantes :

$$\div 2:4:8:16:32:64:128:256, \text{ etc.}$$

$$\div 3.5.7.9.11.13.15.17, \text{ etc.,}$$

chaque terme de la suite inférieure est dit le logarithme du terme qui est à pareille place dans la suite supérieure.

Un même nombre peut donc avoir une infinité de logarithmes différents, puisque à la même progression géométrique on peut faire correspondre une infinité de progressions arithmétiques différentes.

Comparons maintenant, terme à terme, une progression géométrique quelconque, mais dont le premier terme soit l'unité, avec une progression arithmétique

aussi quelconque, mais dont le premier terme soit 0 ;
par exemple, les deux suivantes :

∴ 1:3:9:27:81:243:729:2187:6561, etc. ;

÷ 0.4.8.12.16. 20 . 24 . 28 . 32 , etc..

Il suit de la nature et de la correspondance parfaite de ces deux progressions, qu'autant de fois la raison de la première est facteur dans l'un quelconque des termes de cette progression, autant de fois la raison de la seconde est contenue dans le terme correspondant de cette seconde ; par exemple, dans le terme 2187, la raison 3 est sept fois facteur (c'est-à-dire que ce terme 2187 est le produit du premier terme 1 *multiplié* 7 fois par 3), et dans le terme 28, la raison 4 est contenue sept fois (c'est-à-dire que ce terme 28 résulte de la raison 4 *additionnée* 7 fois).

Un terme quelconque de la progression géométrique ayant toujours pour correspondant, dans la progression arithmétique, un terme qui contiendra la raison de celle-ci autant de fois que la raison de la première est facteur dans le terme quelconque dont il s'agit, *si, d'une part, on multiplie l'un par l'autre deux termes de la progression géométrique, et si, d'autre part, on additionne les deux termes correspondants de la progression arithmétique, le produit et la somme seront deux termes qui se correspondront dans ces progressions.*

Donc on peut, par l'addition seule de deux termes de la progression arithmétique, connaître le produit des deux termes correspondants de la progression géométrique, en supposant ces deux progressions prolongées suffisamment.

Par exemple, en ajoutant ci-dessus les deux termes 8 et 24, qui correspondent à 9 et 729, j'ai 32 qui corres-

pond à 6561, et j'en conclus que 6561 est le produit de 729 multiplié par 7, ce qui est vrai.

Et généralement, dans tout système de ce genre, c'est-à-dire où la progression géométrique commence par l'unité et la progression arithmétique par 0, *en ajoutant le logarithme de deux nombres, on a le logarithme de leur produit.*

C'est sur ce principe qu'est fondé l'usage des tables de logarithmes dans les calculs. Cet admirable mécanisme permet d'effectuer presque sans peine des opérations arithmétiques énormes.

[163c] (A) 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10... etc.

(B) 1.4.7.10.13.16.19.22.25... etc.

(C) 1:3:9:27:81:243...

(D) 1,4,9,16,25,36,49,64,81...

(E) 1,8,27,64,125,216,343....

sont des séries, et chacun de ces chiffres séparé, tels que 1...,27...,216..., est un *terme* de la série à laquelle il appartient.

Un nombre quelconque de carrés d'un même côté ou de cercles d'un même rayon [24u] placés sur une même ligne ne forment aucunement une série, pas plus qu'une suite de 1.1.1... ou de 3.3.3...; mais

(F) Un nombre quelconque de carrés ou (F') de cercles dont les côtés ou les rayons croissent régulièrement de l'un à l'autre, forment une série.

Un nombre quelconque de solides [24t], par exemple, des cubes d'un même côté ou des sphères d'un même rayon ne forment pas une série; mais

(G) Un nombre quelconque de cubes ou (G') de sphères dont les côtés ou les rayons croissent régulièrement de l'un à l'autre, forment une série.

Il est facile de reconnaître que dans chacune de ces séries il y a distinction, individualité de chacun des termes, c'est-à-dire que *chaque terme d'une série diffère de tous les autres termes de cette même série.*

On reconnaît encore que cette différence comporte une définition, spéciale à chaque série, qui exprime la valeur, l'étendue de la différence entre les termes successifs.

Enfin, il est facile de voir que dans chacune de ces séries il y a une *succession progressive qui constitue un ordre régulier*, ordre régulier qui s'observe aussi bien en considérant ces séries de gauche à droite que de droite à gauche.

Ainsi :

1° *Individualité de chaque terme, différant de tous les autres ;*

2° *Rapport ou caractère différentiel assujéti à une loi entre tous les termes de la série ;*

3° *Ordre régulier qui consiste en un accroissement ou un décroissement ;*

Voilà les caractères communs à ces séries et, hâtons-nous de le dire, communs à toutes les séries possibles.

[163d] La seule inspection des séries (A) (B) (C) révèle entre tous les termes de chacune *un rapport différentiel uniforme.* Dans les deux premières, chaque terme surpasse celui qui le précède, et est surpassé par celui qui le suit d'une même quantité : 1 pour les termes de (A) ; 3 pour les termes de (B). Ces séries sont de véritables progressions arithmétiques. Dans la série (C), chaque terme contient trois fois celui qui le précède, et est contenu trois fois par celui qui le suit. C'est donc une véritable progression géométrique.

Mais si nous examinons la série (D), nous voyons

que le second terme surpasse de trois unités le premier, et que le troisième surpasse de cinq unités le second. Ce n'est donc point une série de la nature des progressions arithmétiques, puisque la différence entre les termes est inégale.

D'un autre côté, le second contient quatre fois le premier, et est contenu deux fois et un quart dans le troisième. Ce n'est donc point une série de la nature des progressions par quotient, puisqu'on n'y trouve pas une raison géométrique commune entre tous les termes.

Mais, poursuivant notre recherche, nous trouvons que 4 surpasse 1 de 3 unités; 9 surpasse 4 de 5; 16 surpasse 9 de 7; 25 surpasse 16 de 9, etc. Ainsi 3, 5, 7, 9, etc., voilà la suite de rapports croissants que nous montre cette suite de termes. La régularité de ce *rapport différentiel croissant* entre les termes dénote la série. Mais si l'on examine ces quotients successifs, on trouve que chacun d'eux surpasse celui qui le précède, et est surpassé par celui qui le suit d'une même quantité 2; il doit donc exister, entre tous les termes de la série, un *rapport uniforme caché* dont la nature reste à découvrir.

En effet, si l'on divise 1 par 1, 4 par 2, 9 par 3, 16 par 4, etc., on trouve pour quotients successifs 1, 2, 3, 4, etc., c'est-à-dire la série arithmétique (A) : d'où il suit que les termes de la série (D) paraissent représenter une série de carrés dont les côtés croissent selon la série (A); de sorte que la longueur du côté du premier carré étant prise pour unité, le côté de chaque carré surpasse d'une unité le côté du carré qui le précède, et est surpassé d'une unité par le côté du carré qui le suit.

Examinons maintenant la suite (E) qui ne nous offre ni un rapport arithmétique, ni une raison géométrique.

Nous voyons que le terme 8 surpasse 1 de 7 unités ; 27 surpasse 8 de 19 ; 64 surpasse 27 de 37 ; 125 surpasse 64 de 61 ; 216 surpasse 125 de 91 ; etc.

Si nous écrivons sur une même ligne ces résultats d'une première recherche :

7, 19, 37, 61, 91,

et que nous recherchions, comme précédemment, leurs rapports, nous trouvons que 19 surpasse 7 de 12, 37 surpasse 19 de 18, 61 surpasse 37 de 24, 91 surpasse 61 de 30.

Si nous cherchons maintenant les rapports de ces résultats d'une seconde recherche :

12, 18, 24, 30,

nous trouvons que chaque terme surpasse celui qui le précède, et est surpassé par celui qui le suit d'un même nombre d'unités : 6. Il y a donc lieu de rechercher ce que peut signifier cette série (E), dont le rapport uniforme caché n'a pu être découvert que par trois recherches successives.

Or, si l'on divise 1 par 1, 8 par 2, 27 par 3, 64 par 4, etc., on trouve pour quotients 1, 4, 9, 16, etc., qui, divisés encore une fois par 1, 2, 3, 4, etc., donnent pour quotients 1, 2, 3, 4, etc., c'est-à-dire la série (A) ; ce qui semble indiquer que dans la série (E) il s'agit d'une série de solides, de cubes, par exemple, dont les côtés sont entre eux comme 1, 2, 3, 4, etc.

Nous disons que ces considérations semblent indiquer qu'il s'agit de carrés dans la série (D) et de cubes dans la série (E), parce qu'en effet, dans le premier cas, il peut s'agir de toutes autres surfaces ou de toute autre chose, aussi bien que de carrés ; comme dans le second cas, il peut s'agir de tous autres solides ou de toute autre chose

aussi bien que de cubes. Mais, quoi qu'il en soit, leur qualité de séries est manifestée par leurs rapports différentiels croissants et réguliers.

Concluons donc de ces observations que le caractère différentiel peut être : 1° *uniforme*, soit arithmétique, soit géométrique ; 2° *croissant* ; 3° *uniforme, mais caché*, et parfois très-difficile à reconnaître.

[163e] Avant de poursuivre, nous devons définir deux termes dont l'emploi nous sera souvent nécessaire : concret, abstrait.

Concret se dit d'un attribut, d'une qualité considérée dans un sujet. Ainsi, quand on dit : cet homme est grand, cette femme est belle, les termes *grand*, *belle*, sont des termes concrets ; ils expriment la qualité d'un sujet.

Abstrait se dit d'une qualité considérée indépendamment de tout sujet. Ainsi, *grandeur*, *beauté*, sont des termes abstraits.

Concret se dit de même d'un nombre qu'on exprime en disant l'espèce de ses unités ; un homme, dix hommes, cent chevaux, mille vaisseaux, sont des nombres concrets.

Abstrait se dit de même d'un nombre que l'on considère seulement comme une collection d'unités sans indiquer l'espèce de ces unités ; un, dix, cent, mille, sont des nombres abstraits.

Sans aucun doute, l'expression *série concrète* signifie une série de corps ou de figures, telles que les séries (F) et (G), et généralement *une série déterminée quelconque*.

Mais si nous appelons *série abstraite* le quelque chose de commun à toutes les séries et qui peut être abstrait, c'est-à-dire extrait de leur ensemble par la pensée, comment devons-nous appeler des séries telles que (A) (B) (C) (D) (E),

qui sont toutes composées de nombres abstraits? A coup sûr, elles ne sont pas la série abstraite, puisqu'elles diffèrent les unes des autres, et que l'expression : série abstraite, doit être réservée seulement au quelque chose de commun à toutes les séries.... Nous n'irons pas plus loin ici sur cette difficulté qui ne peut être résolue que par des raisonnements très-ardus; nous nous bornerons à ranger sous le nom de *séries numériques* toutes les séries composées de nombres abstraits, et nous rappellerons que la nature des objets représentés par ces séries est indéterminée. Il n'y a eu elles de déterminé que leurs rapports différentiels.

[163f] La série abstraite est ici l'objet de notre recherche. Cette série abstraite est l'image idéale et générale qui, dans son expression la plus simple, représenterait à notre esprit les qualités communes à toute série numérique ou concrète.

De la comparaison des séries numériques, nous avons déjà tiré trois conditions de la notion générale de série [163b]. Nous continuerons à procéder scientifiquement, c'est-à-dire que nous observerons maintenant des séries concrètes pour chercher si elles ne nous révéleront pas, sur la série en général, quelques conditions nouvelles.

Nous avons décrit au premier livre quatre courbes : 1° la circonférence du cercle [24n]; 2° la spirale cylindrique; 3° la spirale plane; 4° la spirale conique [24r], dont l'examen va nous faire connaître à peu près tout ce qui nous reste à savoir.

La circonférence du cercle nous présente une suite de déviations continuellement égales d'une ligne droite, et ces *arcs élémentaires* [24n] sont à une distance uniforme du point qu'on nomme centre, et auquel ils se rappor-

tent [103a]. Chacun des éléments de la circonférence étant semblable à tous les autres, il n'y a point là le caractère (individualité de chaque terme, différent de tous les autres) essentiel à toute série, et que nous exprimerons désormais par cette expression : *caractère différentiel*; la circonférence du cercle n'est donc pas une série.

La spirale cylindrique (fig. 41, 42, Pl. III), soit que l'on y compare deux spires successives ou deux arcs élémentaires successifs, nous présente une suite d'éléments égaux et à une distance uniforme de l'axe de la spirale. Là encore il n'y a point le caractère différentiel essentiel à toute série. La spirale cylindrique n'est donc point une série.

La spirale plane (fig. 40, 44, Pl. III) nous offre une suite d'éléments (spires ou arcs élémentaires) continuellement différents entre eux et par rapport à leur distance du centre de la spirale. Cette courbe présentant le caractère différentiel requis est donc une série.

La spirale conique (fig. 43, 47, Pl. III) offre de même une suite d'éléments (spires ou arcs élémentaires) continuellement différents entre eux, et par rapport à leur distance du point de départ de la spirale, et par rapport à leur distance de son axe. Cette courbe présentant le caractère différentiel requis est donc une série.

Un caractère commun à ces deux séries, quel que soit leur développement, est qu'à leur origine leur premier terme complet ou spire est extrêmement petit.

Si maintenant nous examinons le cercle, c'est-à-dire la surface comprise dans la ligne courbe nommée circonférence, nous voyons que cette surface est une série, car elle peut être considérée comme formée d'une infinité de circonférences concentriques de plus en plus grandes

à partir du centre, et présentant, par conséquent, le caractère différentiel. Or, le premier terme de cette série de circonférences concentriques est extrêmement petit.

Si maintenant nous reprenons les séries numériques (A) (B) (C) (D) (E), et si nous considérons leurs derniers termes eux-mêmes comme très-petits, nous voyons qu'en conséquence des décroissements de longueur, ou de surface, ou de solidité [24t] qu'elles figurent quand on les lit de droite à gauche, l'unité qui exprime leur premier terme est encore, à plus forte raison, extrêmement petite.

Et si nous remarquons que ces séries numériques ou concrètes ont chacune un caractère extrêmement général : les premières à cause de leur nature même qui exprime simplement des rapports entre termes ou l'unité peut-être quelconque ; les secondes parce que, considérées chacune comme espèces, elles sont susceptibles d'une infinité de cas particuliers, tels que les constituent la longueur plus ou moins grande du rayon dans le cercle, la distance plus ou moins grande des spires [24r], l'accroissement plus ou moins rapide de la distance des spires successifs par rapport au centre, ou à l'axe, ou à tous deux, etc., etc., nous nous trouvons fondé à conclure tout au moins que, dans une infinité de séries, sinon dans toutes, *le premier terme de la série est extrêmement petit.*

[163g] Nous venons de voir qu'il y a des formes, des concepts [24a], qui ne sont pas des séries. Telle est la circonférence, telle est la spirale cylindrique, telle est l'unité : 1.

Mais si, guidés par l'analogie évidente des formes, ou, mieux encore, par l'analyse des lois de leur génération,

nous plaçons les quatre courbes dans cet ordre : circonférence, spirale cylindrique, spirale plane, spirale conique, nous apercevons aussitôt une série ; car la spirale cylindrique peut être considérée comme engendrée par le mouvement circulaire d'un point autour du centre qui se meut uniformément et perpendiculairement à lui-même ; la spirale plane peut être considérée comme engendrée par le mouvement circulaire d'un point dans un même plan comme pour la circonférence du cercle, mais avec cette différence que l'effort tangentiel [103c] est constamment plus grand que la force centripète [103c] ; enfin la spirale conique réunit les conditions des deux spirales précédentes, le point qui décrit la courbe s'élevant avec le centre ainsi que dans la première, et s'éloignant en même temps du centre comme dans la dernière. Ainsi, chaque spirale appartient, à la fois, à la série générale des lignes, à la série secondaire des courbes, à la série plus restreinte des spirales, et enfin à la série particulière des spirales d'un ordre déterminé.

De même, une circonférence quelconque appartient à la série générale des lignes, à la série secondaire des courbes, à la série plus restreinte des courbes fermées qui limitent une surface, à la série spéciale des courbes fermées régulières, et enfin à la série particulière des circonférences.

Si maintenant nous remarquons que l'unité 1, qui n'est pas une série, appartient également à une foule de séries numériques, arithmétiques, géométriques ou autres ; qu'une ligne droite, qui n'est pas une série, appartient : 1^o à la série suivante : point, ligne (engendrée par le mouvement d'un point), surface (engendrée par le mouvement d'une ligne) ; 2^o à la série générale des lignes ;

qu'enfin tout corps, tout être concret, possédant les trois dimensions, appartient, au moins, à la fois à la série des substances et à la série des formes... tout ce qui nous est perceptible dans l'univers se rangeant, sans exceptions, sous les catégories (1) d'unité, de longueur, de superficie ou de solidité, nous concluons que, soit qu'il s'agisse d'un objet *sérié*, c'est-à-dire représentant à lui seul une série, ou d'un objet non-sérié, pourvu qu'il soit concret ou numérique, *tout ce qui est perceptible par nous dans l'univers appartient à la fois à plusieurs séries différentes.*

[163*h*] Toutes les formes possibles des séries arithmétiques ou par différence, telles que (A), formeraient par leur réunion les termes successifs de la série générale des séries arithmétiques; toutes les formes possibles des séries géométriques, telles que (C), formeraient par leur réunion les termes successifs de la série générale des séries géométriques; d'ailleurs, la série générale des figures a pour termes successifs la série des lignes, la série des surfaces, la série des solides (lesquelles ont elles-mêmes pour termes successifs des séries). Concluons donc qu'il existe des séries de séries, c'est-à-dire des séries où chaque terme successif est à lui seul une série et même une série de séries; de sorte que, enfin, il existe dans l'univers des SÉRIES de SÉRIES de séries.

[163*i*] Maintenant, si nous remarquons que le chiffre 9 placé au neuvième rang dans la série (A) est placé au troisième rang dans la série (C); que le nombre 81 placé au quatre-vingt-unième rang dans la série (A) est au cinquième dans la série (C), et au neuvième rang dans la sé-

(1) *Catégories*, classes idéales dans lesquelles on range des choses différentes qui présentent certains rapports.

rie (D); que la circonférence placée dans la série des lignes fermées au rang le plus élevé de tous, sous le rapport de l'étendue des surfaces qu'à égalité de longueur elles peuvent limiter, c'est-à-dire contenir, est placée dans un rang inférieur à l'ellipse [240] dans la série de ces mêmes lignes, eu égard à la multiplicité des conditions de leur génération respective, nous concluons qu'un objet occupe souvent un rang très-différent dans les diverses séries où il figure.

Et si nous remarquons que le chiffre 9 est également au troisième rang dans les séries (C) et (D) qui sont extrêmement différentes quant à la forme, à l'origine et à la signification, nous concluons qu'un objet peut néanmoins occuper le même rang dans des séries très-différentes.

[163j] Un carré (fig. 61, PL, III) nous offre un exemple remarquable d'un cas particulier très-fréquent.

Si on le considère selon le côté A B, on voit qu'il se compose de cinq assemblages de cinq petits carrés. Chacun de ces assemblages de petits carrés semblables ne constitue pas une série, puisqu'ils sont égaux, et la réunion de ces assemblages égaux ne constitue pas davantage une série. Il en est de même si l'on considère le carré selon tout autre côté.

Mais si on le considère selon une diagonale A C, ou B D, on trouve d'abord un carré, puis un rang de deux carrés, puis de trois, puis de quatre, puis de cinq; après quoi l'on retrouve quatre carrés, trois, deux, et un. Ainsi, il y a différence dans chaque terme ou rang considéré, c'est-à-dire qu'il y a série, et, de plus, la série, après avoir été croissante, après avoir atteint une certaine amplitude, rétrograde par des termes symétriques [24b] jusqu'à un terme minimum égal au minimum d'origine.

Ainsi, *il existe des objets, des formes, qui sous certains aspects ne sont point sériés, et sous d'autres aspects sont sériés.*

Il existe des séries qui après avoir atteint un maximum, rétrogradent vers un minimum, et nous les appellerons séries symétriques.

Nous devons d'ailleurs conclure que, *lorsque dans l'univers nous observons des séries décroissantes, il y a lieu de rechercher si elles n'ont pas d'abord été croissantes.*

Les séries numériques nous enseignent qu'*il peut exister des séries croissantes illimitées, et les spirales le confirment.*

Les séries symétriques et beaucoup d'autres enseignent qu'*il existe des séries limitées.*

Le triangle plan, quel qu'il soit, est une série, n'importe comment on le considère, et il est une série limitée.

Le cercle est une série limitée, ainsi que la sphère; ces séries sont *ordonnées* concentriquement par rapport à leur premier terme ou centre dans toutes les directions sur le plan du cercle et dans toutes les directions dans l'étendue de la sphère. Pour distinguer les deux cas, nous appellerons les premières *séries concentriques planes* et les secondes *séries sphériques.*

Le cercle est à la fois une série croissante limitée quand on le considère comme formé par des circonférences croissantes concentriques, et une série symétrique quand on le considère comme formé d'une série de *lignes droites ou cordes parallèles* de longueurs différentes et perpendiculaires à un diamètre. En effet, ces lignes croissent, selon une certaine loi, depuis l'extrémité du diamètre auquel elles sont perpendiculaires jusqu'à son milieu, la plus grande de toutes ces cordes étant alors égale au diamètre.

Et au delà de ce maximum, les cordes parallèles décroissent de la même manière qu'elles s'étaient accrues. Cette série symétrique du cercle est très-particulière et elle a des propriétés très-remarquables.

Le cube [136f], qui n'est point une série, pas plus que le carré, quand on le considère selon ses faces, est une série symétrique composée, analogue à la série numérique (D), quand on le considère selon l'une quelconque de ses trois diagonales.

On trouve encore que le cylindre n'est point une série quand on le considère par sa base selon son axe. Il n'est alors qu'un assemblage d'une infinité de cercles superposés; mais il est une série (concentrique cylindrique) lorsqu'on le considère de son axe vers son contour comme formé d'enveloppes cylindriques d'un rayon croissant; et il est une série symétrique d'ordre particulier quand on le considère selon une suite de coupes longitudinales parallèles à son axe, c'est-à-dire comme étant formé de rectangles superposés.

[163k] La suite (H) 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, ne forme pas une série régulière. Mais il est facile de voir que 3, 5, 6... 8, 9, 10, sont sériés régulièrement, et que si l'on suppose enlevés de la série régulière (A) les termes 2 et 7, on a 1., 3. 5. 6., 8. 9. 10, c'est-à-dire la série (A) présentant des lacunes, et que l'on peut appeler *lacunée* ou *incomplète*.

Dans la nature, on observe souvent des séries incomplètes; ainsi, les chimistes, pour beaucoup de substances, connaissaient des combinaisons sériées selon la loi des proportions multiples, mais où il manquait des composés intermédiaires. Guidés par le sentiment de la série, ils ont cherché à produire ces combinaisons intermédiaires qui

leur manquaient, et, à l'égard de plusieurs substances, ils y sont parvenus. Ils y parviendront certainement à l'égard de toutes ; cette recherche est même l'une des plus importantes pour compléter la partie élémentaire de leur science.

Il ne faudrait pas croire que les nombres élevés, tels que *175 de fer et 100 de soufre*, qui dans les livres de chimie figurent souvent l'état d'une première combinaison, contredisent en rien l'une des conclusions principales auxquelles nous sommes arrivé : *que le premier terme de toute série est extrêmement petit*, car l'un des deux nombres signifie presque toujours, comme dans cet exemple, *un seul atome* de l'une des substances. Or, n'importe comment on interprète la signification de l'unité à l'égard de la masse d'une substance dans une combinaison, cette unité représente nécessairement toujours une quantité aussi petite que possible quant à cette substance. Et nous pensons même que ce principe de l'extrême petitesse du premier terme de toute série pourrait conduire les chimistes à des considérations de la plus haute importance, et guider des recherches dont les résultats approfondiraient singulièrement les questions relatives aux atomes et à l'unité fondamentale de la matière. Il nous serait facile de le montrer, mais de tels développements ne sauraient trouver place dans ce livre.

[163/] Jusqu'à présent, la comparaison des séries numériques et des séries concrètes nous a fourni des résultats très-concordants. Ici, la poursuite de leur étude comparée va nous offrir des résultats tout différents et pleins d'enseignement.

Si nous concevons que tous les termes des séries numériques (A) (B) (C) (D) (E) soient gravés sur des jetons

d'ivoire, nous pouvons imaginer qu'après avoir jeté tous les termes de la série (A) dans un sac et les y avoir mêlés, nous demandons de les retirer au hasard l'un après l'autre et d'en dire la signification. Il est possible qu'on les tire justement soit dans l'ordre croissant, soit dans l'ordre décroissant, et alors on reconnaîtra bien qu'ils forment une série et que cette série est la numérique (A). Mais il y a beaucoup à parier qu'ils sortiront du sac dans une telle interversion, un tel désordre, qu'il sera impossible d'y reconnaître d'abord une série. Cependant, en examinant bien cette *série troublée*, on verra que ces dix jetons sont les termes exacts de la série (A), et l'on pourra rétablir visiblement la série en la replaçant en ordre. Il en serait de même avec plus de difficulté si nous n'avions jeté dans le sac que la série numérique incomplète (H).

Mais si nous jetons dans le sac, par exemple, les termes 1, 4, 9 de la série (A), les termes 16 et 81 de la série (D) et les termes 8, 27 de la série (E), après qu'on les en aura retirés et qu'on les aura disposés selon l'ordre de leur valeur, 1, 4, 8, 9, 16, 27, 81, il sera impossible de découvrir dans cet ordre rien de certain sur la signification de ces termes. On pourra y voir une série (A) incomplète; c'est même la seule chose qui paraîtra pouvoir être dite incontestablement. Or, cette chose qu'on affirmera *incontestablement* sera fausse, puisque nous avons emprunté ces jetons à trois séries très-différentes; et quand même on avertirait de cette circonstance, il sera absolument impossible de rien retrouver de certain sur la signification de quatre des termes qui composent cette suite de sept termes, le terme 1 pouvant appartenir également aux séries (A) (D) (E) et à toutes les autres séries numériques, le terme 4 pouvant provenir de (A) ou

de (D), le terme 8 pouvant provenir de (A) ou de (E), le terme 9 et le terme 81 pouvant provenir de (A) ou de (D). Bien plus, si nous jetons seulement dans le sac un nombre quelconque des termes de la série (D) ou de la série (E), par exemple, après qu'on les aura replacés en ordre, pour peu que la série soit incomplète, il sera impossible de décider si ces termes appartiennent à la série numérique (A) ou à l'une des deux autres séries. Et même quand ce serait la série complète (D) ou (E) que nous aurions jetée dans le sac, *il sera seulement probable* que la progression retrouvée et rétablie en ordre est la série (D) ou la série (E), car on pourra toujours soupçonner que ces termes sont simplement empruntés à la série arithmétique (A).

Maintenant, jetons dans notre sac un nombre quelconque de termes de la série des carrés (F), de la série des cercles (F'), de la série des cubes (G) et de la série des sphères (G'). Ici, plus d'hésitation : les termes de ces quatre séries concrètes se replaceront d'eux-mêmes en quatre suites plus ou moins incomplètes, mais dont la nature et l'origine ne seront point douteuses.

Mais une difficulté très-grande apparaît ici : celle de déterminer le rapport dans ces séries concrètes. Tandis que lorsqu'on vous donne deux termes successifs quelconques d'une série numérique, en vous avertissant qu'ils appartiennent tous deux à une série déterminée, rien n'est plus simple que de trouver leur rapport ; au contraire, dans une série concrète quelconque, la recherche du rapport de deux termes, même successifs, est assez difficile. Pour la série des cercles, par exemple, il nous faudra mesurer avec un compas les rayons des deux cercles successifs, et, cherchant leur commune mesure, trouver expéri-

mentalement leur rapport; chose qui peut paraître facile, mais qui est en réalité très-délicate et très-sujette à erreur. — Et encore ne fais-je ici qu'effleurer cette difficulté de la détermination du rapport différentiel dans les séries concrètes, qui est bien plus compliquée dès que les termes empruntés à une série, celle des cercles par exemple, et livrés à l'observation, ne sont nulle part consécutifs, car alors il devient positivement impossible de déterminer ce rapport autrement que dans des limites *maximâ* et *minimâ* (1). Mais nous sentons qu'ici l'aridité de

(1) Voici ce qu'il faut entendre par limites *maximâ* et *minimâ* :

Supposons qu'on nous montre quatre cercles dont les diamètres soient 0,002.. 0,010.. 0,012.. 0,030, et qu'après nous avoir averti que dans la série complète à laquelle ils appartiennent les rayons croissent uniformément, on nous demande de trouver quelle est la différence de longueur du rayon qui forme le caractère différentiel dans cette série.

Du premier au second cercle la différence du rayon est 0,004; du deuxième au troisième 0,001; du troisième au quatrième 0,009.

La plus petite différence étant 0,001, nous répondrons que : *un centimètre est la limite maximâ de la différence des rayons dans cette série*. C'est-à-dire qu'il est possible qu'en réalité dans la série complète à laquelle sont empruntés les quatre cercles qu'on nous montre, les termes successifs diffèrent moins de grandeur que les cercles *trois* et *quatre* soumis à notre observation; mais à coup sûr la différence sérielle ne peut être plus grande qu'un centimètre, puisque *un centimètre* est la différence entre les rayons des cercles *trois* et *quatre*.

Si l'on nous demande ensuite quelle est l'étendue de cette série de cercles, nous partirons de notre évaluation *maximâ* de la différence des rayons; et nous fondant sur ce que le terme le plus élevé soumis à notre observation a pour rayon 0,015, nous répondrons que : *la limite minimâ du nombre des termes de la série est quinze cercles*. Il est possible que la série soit plus étendue; mais à coup sûr elle n'a pas moins de quinze termes.

Ces évaluations des limites *maximâ* et *minimâ* des quantités *variables* ou *imparfaitement connues*, ont dans la science une importance

ces explications fatiguerait le lecteur sans beaucoup de fruit peut-être. N'allons donc pas plus loin sur ce sujet et concluons que :

Une série de rapports (telles sont en définitive les séries numériques) ne nous indique par elle-même rien de certain sur la nature des objets entre lesquels sont établis ces rapports, lors même que nous connaissons ces rapports avec la plus entière certitude et que nous sommes assurés qu'ils sont établis et enchaînés réellement.

Tandis que, au contraire, rien n'étant plus facile que de trouver à quelle série appartiennent des formes concrètes, il est presque toujours très-difficile et souvent impossible de trouver le rapport précis selon lequel elles sont sériées.

Dans ce court paragraphe se trouve reconnue, nous le montrerons ailleurs, l'origine des déceptions et des impuissances de la métaphysique, en même temps que se trouvent expliquées la certitude et les difficultés de la science.

La nature nous offre un grand nombre de *séries troubles*, complètes ou incomplètes; mais, ainsi que nous venons de le voir, ce trouble, ce désordre des séries concrètes n'apporte qu'une médiocre difficulté à leur étude : l'ordre de leurs différents termes se rétablit facilement sous nos mains ou dans notre esprit.

[163^m] Il est indubitable que *dans l'univers toute série se développe à partir d'un terme extrêmement petit (relativement) par une suite de termes progressifs en général extrêmement peu différents les uns des autres. C'est-à-dire que le*

extrême. Fort souvent la connaissance des limites maximâ et minimâ conduit, rationnellement et pratiquement, à des résultats aussi certains, aussi précis même que la connaissance parfaite d'une grandeur fixe.

Voy. la note au n° [163^m] et celle du n° [55].

rapport différentiel entre deux termes successifs est en général extrêmement petit.

Lorsque le microscope permet d'apercevoir le rudiment très-petit d'un cristal et d'en suivre le développement, on s'assure que ce développement s'opère par l'addition de couches successives, extrêmement petites, qu'il n'est pas permis de considérer comme plus épaisses chacune que l'épaisseur d'un atome. Lorsqu'une tige végétale s'élève, elle n'atteint chaque élévation d'un millimètre que par une suite d'élévations successives très-petites. Et cette petitesse des intervalles, c'est-à-dire de la différence entre deux termes d'une série concrète, se retrouve partout et sans exception, au moins à son origine.

Lors donc que nous observons des termes quelconques d'une série concrète, s'ils ne sont pas extrêmement petits, nous sommes assurés qu'ils ne sont pas les premiers termes de cette série; et lorsque, comparant deux termes d'une série concrète, nous voyons que leur différence n'est pas très-petite, nous sommes assurés qu'ils ne sont pas successifs et qu'il y a entre eux d'autres termes à trouver, ou qu'il y a eu autrefois d'autres termes aujourd'hui perdus (1).

(1) Ainsi, par exemple, une circonférence d'un millimètre (0,001) de diamètre n'est pas à beaucoup près le premier terme de la série mathématique à laquelle elle appartient, car à partir du point central des circonférences concentriques dont on imagine que le cercle est formé, jusqu'à la courbe que détermine un rayon d'un demi-millimètre (0,0005) il existe, dans cette donnée, un très-grand nombre de circonférences concentriques d'un rayon décroissant et inférieur à 0,0005.

De même, deux circonférences dont les rayons sont 0,00005 et 0,00006 (différence d'un cent-millième de mètre) ne sont pas à beaucoup près deux termes successifs de la série des circonférences concentriques dont on imagine que le cercle est formé, car entre ces deux circonférences il

Les combinaisons chimiques prouvent cette vérité non moins que le développement des cristaux et des végétaux. Entre deux combinaisons successives d'un atome de A avec un atome de B, et d'un atome de A avec deux atomes de B, la différence est aussi petite que possible; car il est impossible d'imaginer une différence moindre dans l'hypothèse où l'on raisonne, c'est-à-dire dans l'hypothèse de l'indivisibilité des atomes.

Ajoutons que cette vérité est également démontrée, de la manière la plus générale, par la théorie mathématique du développement des courbes.

[163*n*] Nous avons déjà vu qu'un même terme (objet, forme, nombre, etc.) peut occuper des rangs très-différents dans les différentes séries où il figure; de là résulte une notion principale : *celle de l'individualité et de l'indépendance des séries les unes à l'égard des autres.*

D'où découle ce principe que, *en général, on ne peut raisonner d'une série à une autre.*

On peut arriver à cette notion par une autre voie, si, rappelant que dans une série quelconque tous les termes sont nécessairement différents, on remarque que deux séries quelconques étant des termes d'une série de séries sont nécessairement différentes.

en existe *virtuellement* un très-grand nombre d'autres dont les rayons sont supérieurs à 0,00005 et inférieurs à 0,00006.

Que si l'on demande quelle est la différence du rayon de ces circonférences concentriques, on répond, en mathématique, que cette différence ne peut être exprimée en chiffres, car elle est plus petite qu'aucune quantité quelconque, mais qu'elle est cependant plus grande que 0. Ce sont les limites *maximé* et *minimé* de cette différence de rayon; et ces sortes d'évaluations, très-employées en mathématiques, conduisent à des résultats parfaitement exacts.

Cependant, si nous considérons une série complexe, telle qu'une série de sphères dont le rayon croît selon un rapport quelconque, nous voyons que cette série complexe comprend trois séries composantes : série des rayons, série des surfaces, série des volumes ou solidités, c'est-à-dire des étendues comprises sous les surfaces; et nous voyons que ces trois séries croissent ensemble selon des rapports, 1^o réguliers dans chacune, 2^o corrélatifs entre eux, d'une manière qui rappelle les propriétés des logarithmes.

De telle sorte qu'étant connu un terme quelconque d'une de ces trois séries composantes, on peut conclure en toute certitude de ce terme aux deux termes que l'on ne connaît pas et affirmer, par exemple, que le rayon d'une des sphères étant tel, sa surface est telle, et sa solidité telle.

Il existe donc des séries complexes, dont les logarithmes nous donnent facilement la notion, dans lesquelles un rapport nécessaire existe entre l'accroissement et le décroissement des termes corrélatifs de toutes les séries simples que comprennent ces séries complexes.

Il y a donc des cas où l'on peut raisonner d'une série à une autre : ces cas se rencontrent dans les séries complexes.

En résumé, il faut conclure : 1^o qu'à cause de l'individualité, de l'indépendance des séries, la connaissance complète d'une série ne comporte nulle connaissance nécessaire sur une autre série; 2^o que dans certaines séries complexes les séries simples y comprises sont en tel rapport qu'on peut raisonner de l'une à l'autre; mais ce raisonnement de l'une à l'autre n'est légitime qu'à la condition que l'on ait reconnu et démontré préalablement la nature, les rapports différentiels spéciaux et la corréla-

tion des séries simples comprises dans la série complexe que l'on considère.

[163o] Si l'on ajoute l'unité, une par une, huit fois à elle-même, on obtient le nombre 9, l'un des termes de la série (A). Si l'on ajoute deux fois à lui-même le terme 3, on obtient ce même nombre 9, l'un des termes de la série (D) des carrés.

Le cercle peut être produit par une série symétrique de cordes parallèles, ou par une série de circonférences concentriques (c'est l'analyse du procédé ordinaire par la corde attachée à un piquet).

Le cylindre peut être engendré par une série symétrique de rectangles, ou par une série concentrique de surfaces cylindriques, ou par une suite de cercles superposés.

Ainsi, il existe souvent plusieurs manières de produire un même objet, une même forme.

Ainsi, deux ou plusieurs objets produits par des opérations toutes différentes, et appartenant à des séries toutes différentes, peuvent être entièrement semblables et identiques, de telle manière que même l'observateur qui connaîtrait la manière dont chacun de ces objets semblables a été produit, après qu'ils les aurait mêlés, serait dans l'impossibilité d'affirmer quelle est, entre les différentes manières de les produire, la manière dont l'un d'eux a été effectivement produit.

[163p] Nous avons souvent raisonné en considérant des séries numériques, mais, en général, il est bon de ne raisonner que sur des séries concrètes. La considération trop confiante des séries numériques et des séries algébriques, à plus forte raison, peut conduire, comme toute autre base métaphysique, aux plus graves erreurs scientifiques.

Ainsi, quand on examine une série numérique quelconque, de la forme (A) par exemple, on voit qu'entre deux de ses termes successifs on peut intercaler autant de moyens termes que l'on voudra, de manière à former une série de nombres fractionnaires compris par exemple entre 1 et 2, dont la différence sera aussi petite que l'on voudra ; et l'on pourrait croire alors qu'il en peut être de même dans la nature. Ce serait une énorme erreur.

Voici, par exemple, la gamme musicale : *ut, ré, mi, fa, sol, la, si, ut*.

Soit, par exemple, l'*ut* le plus bas de la basse, qui est produit par 128 vibrations par seconde, et le *ré* du même instrument, qui est produit par 144 vibrations. Entre 128 et 144 la différence est de 16 vibrations. Eh bien, il ne faudrait pas croire qu'entre ces deux sons, *ut* et *ré* dont nous parlons, on pourrait produire un nombre infini de sons intermédiaires. Le nombre des sons intermédiaires qu'il est possible de produire est très-limité. Il est de 15, correspondant au nombre de vibrations dont on peut accroître l'*ut* sans arriver au *ré*, ou diminuer le *ré* sans retomber dans l'*ut*.

Ajoutons que la gamme simple, composée des sept notes *naturelles* ou des douze notes *chromatiques*, n'est point une série, parce que la différence des vibrations entre les sons qui les composent n'est point régulière ; mais une gamme composée de plusieurs octaves est une série, parce que l'ensemble des sept différences entre les notes *naturelles*, ou des douze différences entre les notes *chromatiques*, se reproduit périodiquement à chaque octave selon une formule régulière. Il s'ensuit que la gamme musicale simple, tant employée par Fourier dans ses raisonnements sur la série, était le plus détestable exemple

qu'il pût prendre, puisque cette gamme simple n'est pas une série ; elle est seulement l'élément très-complexe de la série musicale qu'offre une suite de plusieurs gammes simples.

Mais à partir d'un son quelconque, soit le son résultant de seize vibrations en une seconde, qui est le plus bas que nous puissions percevoir, chaque son montant, produit par l'addition d'une vibration, est un terme d'une série régulière 16, 17, 18, 19... vibrations.

Et ainsi que nous l'avons dit plus haut, entre ces sons, ces termes distincts de la série naturelle des sons, il est impossible de produire ni de concevoir d'intermédiaire.

Le calcul, la métaphysique, spéculent essentiellement sur l'*indétermination* ; c'est même ce qui constitue leur avantage dans l'ordre légitime de leurs applications. Mais l'univers est l'opposé de l'indétermination. Tout ce que nous y percevons y est spécialisé, déterminé, limité. Ce n'est qu'à cette condition qu'il est pour nous un objet de connaissance.

[163q] Concluons donc que la loi sérielle est universelle et que tous les êtres, toutes les substances, tous les phénomènes s'y rattachent de plusieurs manières, c'est-à-dire que chaque substance appartient à plusieurs séries *numériques ou concrètes* dont il s'agit de reconnaître la formule spéciale. Et puisque chaque sujet d'observation appartient à la fois à plusieurs séries différentes ayant chacune leur formule spéciale et dans lesquelles chaque être occupe presque toujours des rangs différents, la connaissance complète, c'est-à-dire vraie, d'un sujet, ne peut être acquise que par la découverte, le dégagement des formules spéciales de toutes les séries auxquelles cet

objet peut appartenir, et l'expression nette du rang spécial qu'il occupe dans chacune de ces séries.

La série est une sorte d'organisme. Comme telle, elle est objet de recherche avant d'être sujet de raisonnements. Elle est donc matière essentiellement scientifique (1). A ce titre seul, elle devait trouver place dans ce livre, indépendamment de l'immense secours pratique qu'elle nous apportera pour le développement de cette *Genèse selon la science*.

[163r] Limitation des termes, succession des termes, différence des termes, différence représentée pour tous les termes par une formule plus ou moins simple, sont des conditions de l'ordre tel que nous l'enseignons l'observation de l'univers, c'est-à-dire de la série, c'est-à-dire du seul ordre que nous enseignons l'univers.

De sorte que par l'étude de la nature et des conditions de l'ordre de l'univers, nous arrivons à cette conclusion, que, hors de ces conditions réunies, il n'y a pas d'ordre.

[163s] Cette recherche sur la nature de la série et ses caractères fait surgir dans l'esprit des questions innom-

(1) Proudhon dit avec raison : « Soit que l'on observe des réalités « substantielles, soit que l'on cherche le système d'idées abstraites et « subjectives, l'ordre ne s'aperçoit pas de plein saut. Il faut une attention soutenue et quelquefois un travail opiniâtre pour découvrir la série des idées et des choses. Mais une fois trouvée, la série est visible aux « plus faibles intelligences ; ce qu'elle exige d'attention pour être comprise est souvent en raison inverse de ce qu'elle a coûté d'efforts pour « être perçue. »

J'ajoute que c'est là, en effet, son immense avantage, comme procédé d'enseignement.

brables. Leur examen exige de nouveaux éléments de connaissance, que le lecteur va bientôt acquérir.

Cependant, des clartés singulières s'étendent désormais devant nous, et déjà nous pouvons plonger très-profondément nos regards dans ces grandes perspectives ouvertes, et obscurcies à la fois, par les classifications.

Les espèces végétales vivantes forment-elles, dans leurs ensemble, une série?

Il est sensible qu'à partir du bissus, par exemple, jusqu'à la plante dicotylée très-complète, on peut ranger une suite de plantes d'une perfection croissante. Mais une série véritable n'étant nullement vague, le caractère différentiel de ses termes successifs devant être susceptible d'une expression, d'une formule générale pour toute la série, si nous cherchons pour cette suite de plantes rangées ainsi un caractère différentiel précis, commun à toutes, il nous sera impossible de le trouver.

Après avoir reconnu que l'ensemble des espèces ne forme pas une série unique, si l'on essaie d'y trouver trois séries, selon la distinction : acotylédones, monocotylédones, dicotylédones, on n'y parviendra pas davantage. Sans doute, l'impossibilité de sérier séparément chacune de ces trois divisions sera moins flagrante et moins immédiate que l'impossibilité de sérier le tout ensemble; mais à chaque instant, dans chaque division, la formule différentielle que l'on aura cru découvrir sera inapplicable.

Cherchant enfin si chacune des trois divisions peut-être subdivisée en séries distinctes, on trouvera que certaines familles présentent une série, ou plutôt un tronçon de série plus ou moins incomplet, et que le reste des plan-

tes, en immense quantité, semble une mascarade où pas un seul costume n'est caractérisé nettement.

Ainsi, la totalité des végétaux vivants ne forme pas une série unique continue, et il paraît y avoir un assez grand nombre de séries végétales.

Jusqu'à quel point ces séries végétales sont-elles distinctes?

Si, comparant deux de ces séries, on prend dans chacune les types les plus caractérisés, on les trouve extrêmement distinctes, et par plusieurs aspects. Mais on trouvera aussi, dans chacune, des espèces qui s'écartent plus ou moins du type. Et presque toujours la mascarade des espèces énigmatiques offrira une suite d'intermédiaires plus ou moins nombreux, plus ou moins groupés, qui formeront en quelque sorte un lien transversal entre les espèces sériées qui s'écartent du type de leur série. Ce qui revient à dire qu'une espèce, même très-caractéristique, appartient à la fois à la série ascendante bien visible selon laquelle on la considère quand on dit qu'elle est de la série R ou de la série S, et a une autre série particulière transversale, moins visible, que l'on néglige quand on dit qu'elle est de la série R ou de la série S, mais qui pourrait tout aussi bien être prise pour directrice.

Nous ne devons pas nous en étonner maintenant, puisque nous savons que tout objet appartient comme terme particulier à la fois à plusieurs séries diverses [163g]. Chaque végétal appartenant à la fois à toutes les séries diverses selon lesquelles on peut considérer ces êtres, et occupant souvent dans toutes ces séries des rangs très-différents [163i], nous comprenons très-bien pourquoi il est impossible de trouver des lignes de démarcations nettes entre les *familles végétales* des classificateurs.

Mais on demandera comment s'est produit ce singulier mélange de caractères, comment se sont formés ces ordres transversaux sériés entre les types distincts, pourquoi certains types végétaux se sont développés en série ascendante pendant que s'est produit le grand carnaval où figurent tant de plantes.

On demandera plus vivement encore comment telle série ascendante procède par différences très-petites d'une espèce à l'autre, si bien qu'un tronçon de série fort court comporte un grand nombre de termes, c'est-à-dire d'espèces, comme si entre les termes 3 et 5 de la série (A) [163c], on avait inséré plusieurs centaines de moyens termes fractionnaires; comment, au contraire, dans d'autres séries ascendantes on voit les espèces procédant par différences très-sensibles et inégales de l'une à l'autre, si bien qu'un tronçon de série fort étendu ne comporte qu'un petit nombre d'espèces, comme si dans la série (A) on n'avait plus que des termes éloignés, tels que 20, ... 45, ... 153, ... 160, etc.

On demandera encore comment il se fait que presque aucune des séries un peu distinctes que nous reconnaissons n'est saisissable que par un premier terme déjà très-compliqué, et qu'il est impossible de considérer comme le développement d'un terme supérieur d'une autre série, inférieure.

Nous espérons résoudre ces questions d'une manière aussi claire qu'inattendue.

L'ANIMALITÉ.

[164] La végétation nous a montré des êtres formés entièrement de cellules, qui accomplissent certaines fonctions à l'aide d'appareils spéciaux appelés organes ; notamment, ils empruntent à l'air et à la terre l'eau et les gaz qu'ils combinent en composés organiques, c'est-à-dire susceptibles d'entrer dans la composition de leurs organes et de les développer. Formés presque toujours de deux parties, l'une aérienne ou aquatique, l'autre souterraine, ces êtres sont ainsi attachés au sol ; *ils ne changent point de place.*

Nous allons voir des êtres bien plus compliqués, mieux organisés, et doués de fonctions plus élevées ou plus complètes.

Je n'essaierai point de définir l'*animalité* ni l'*animal* [158] ; je chercherai à les faire connaître, et, pour y parvenir, je présenterai l'*animalité* dans un ordre semblable à celui que j'ai suivi pour la végétation. Les analogies et les différences ressortiront ainsi d'elles-mêmes.

La plupart des animaux se distinguent facilement des végétaux en ce qu'*ils se meuvent et changent de place.* Ils ne sont pas *remués* comme les petites lentilles vertes que le vent promène sur les eaux ; *ils se remuent* eux-mêmes, sous l'action d'une influence intérieure à eux-mêmes, que l'on nomme en général *volonté*. Et toutes les fois que nous voyons un être se remuer, changer de place dans des conditions qui rendent indubitable l'action de sa volonté, nous reconnaissons, sans hésiter, un animal. En effet, ce caractère, la *locomotion* (changement de lieu) volontaire, paraît distinctif, quoiqu'il ne soit pas général,

car il existe des animaux qui ne changent pas de lieu [165b]; mais on ne connaît pas de plantes qui changent de lieu sous l'action d'une influence intérieure à elles-mêmes, c'est-à-dire d'une volonté.

Presque partout où nous nous trouvons, si nous examinons avec soin ce qui nous entoure, et surtout à l'aide de verres grossissants, nous reconnaissons un grand nombre d'êtres très-différents doués ainsi de locomotion, et qui, par leur aspect seul, depuis le ver jusqu'à l'aigle, au lion, au cheval, nous donnent le sentiment de degrés très-divers de perfection. Mais on voit encore que, dans les individus d'une même espèce, le développement est varié, depuis le petit poussin sans plumes jusqu'au coq, depuis le petit chien qui vient de naître, et ne marche pas, ni ne voit clair, jusqu'à la grande et forte lice qui l'allaita en grondant.

Examinons d'abord la constitution d'un animal d'une espèce très-parfaite et parvenu à son développement complet, par exemple, un cheval de cinq ans.

On ne doit s'attendre à trouver dans cette description aucune rhétorique. Nous devons nous borner à ce qui importe le plus, et nous n'avons pas le temps de parer nos études. Si nous ramassions toutes les fleurs de notre sujet, si nous voulions recueillir les beautés et les singularités de tous les êtres que nous examinons, si j'entreprenais de dire tout ce que l'on sait sur eux, et tout ce que m'a inspiré à moi-même une longue et silencieuse contemplation de la vie, je devrais faire quarante volumes au lieu de quatre.

Ai-je donc seulement devant moi les années qu'exige encore l'exécution de mon plan réduit à ses lignes sévères?

[164a] Au premier coup d'œil, on reconnaît dans le cheval des parties très-différentes sous tous les rapports : la tête, le cou, le tronc, les membres, la queue ; chacune de ces parties est elle-même composée de plusieurs parties distinctes. La tête présente à son extrémité inférieure une large ouverture, les *narines* ou *naseaux* ; plus haut, les deux *orbites* où sont logés les *yeux* que les *paupières* couvrent et découvrent à volonté ; plus haut encore, et aussi de chaque côté, deux appendices en forme de cornets mobiles : ce sont les *oreilles*.

Le tronc nous présente deux parties distinctes : l'une antérieure qui est la poitrine ou *thorax*, l'autre postérieure qui est le ventre ou *abdomen*. Les deux membres antérieurs sont, comme les deux membres postérieurs, composés de plusieurs parties articulées et mobiles. La tête, le cou, la queue, sont également articulés et mobiles. Le tronc lui-même est doué d'une certaine mobilité et peut se courber jusqu'à un certain point sur lui-même en tous sens.

L'animal est entièrement recouvert d'une enveloppe épaisse, élastique, la *peau*. Cette enveloppe, composée de plusieurs tissus superposés, est couverte, elle-même, d'un *épiderme*, et garnie d'une multitude de *poils* presque tous couchés d'avant en arrière les uns sur les autres. Sur le haut de la tête et du cou, et à la queue, ces poils sont beaucoup plus longs, plus forts ; ils flottent, et protègent l'animal contre la piqûre des insectes qu'ils chassent.

Extérieurement, la partie droite et la partie gauche de l'animal sont la répétition symétrique [24b] et exacte l'une de l'autre. Le corps entier semble donc composé de deux moitiés semblables, accolées latéralement l'une à l'autre depuis le bout du nez jusqu'à l'extrémité de la queue ; et

chose très-remarquable, la ligne de jonction de ces deux moitiés est indiquée sur toute sa longueur par une direction différente des poils, et même, chez beaucoup d'animaux, par une légère différence dans la couleur et l'aspect de la peau, comme serait la trace d'une ancienne cicatrice. Cette ligne, qui semble séparer l'animal en deux moitiés, est appelée *ligne médiane*.

L'extérieur de l'animal nous révèle donc une organisation très-compiquée. Mais, à l'intérieur, cette complication se montre bien plus grande encore que ne le faisait prévoir l'examen extérieur.

Toutes les parties du corps sont disposées autour d'un appareil solide (fig. 14), composé d'un grand nombre d'os de formes très-variées ; c'est la charpente, la *squelette* de l'animal ; on l'appelle souvent *système osseux*. Le tissu de ces os est formé d'une substance organique quaternaire et de divers sels alcalins et calcaires, principalement de phosphate de chaux. Ce tissu, très-dense à l'extérieur des os, l'est beaucoup moins vers leur intérieur ; beaucoup de parties du squelette offrent même dans leur épaisseur des cellules vides, et les os cylindriques des membres sont généralement creux et remplis d'une substance grasse, nommée *moelle* ; ce qui les rend à la fois plus solides et moins lourds.

Sur cette charpente est appliquée ce qu'on nomme vulgairement la *chair* de l'animal. Elle se compose principalement de *muscles*, sortes de cordages, de longueurs, de grosseurs et de formes variées, qui sont attachés aux os par leurs extrémités, et qui servent à mouvoir toutes les parties de l'animal. L'ensemble des muscles se nomme *appareil musculaire*.

L'intérieur du corps offre trois cavités principales : la

cavité buccale (de la bouche), la cavité thoracique, la cavité abdominale, dans lesquelles on trouve un grand nombre d'organes qui concourent à former l'*appareil digestif*, l'*appareil circulatoire*, et l'*appareil respiratoire*.

L'appareil digestif se compose principalement : 1° des *dents*, petits os-revêtus d'un émail très-dur, qui, enchassées solidement dans les mâchoires, saisissent, divisent et broient les aliments ; 2° de la *langue*, sorte de pelle qui porte et remue les aliments sous les dents, les rassemble et les pousse dans l'arrière-bouche. Là, un mécanisme compliqué les dirige dans 3° l'*œsophage*, conduit qui règne le long de la partie antérieure du cou et débouche dans 4° l'*estomac*, grande poche où les aliments subissent une trituration plus parfaite et une préparation chimique. De là ils descendent dans 5° l'*intestin grêle*, conduit étroit et fort long, d'où ils passent à l'état de résidu dans 6° le *gros intestin*, et enfin 7° dans le *rectum* qui débouche à une ouverture extérieure, l'*anus*.

Un grand nombre de *glandes* sont en communication avec l'appareil digestif. Ce sont des appareils distillatoires composés les uns de cellules ou vésicules agglomérées en forme de grappe, telles que les glandes salivaires ; les autres d'une multitude de canaux tubulaires très-fins, repliés et enlacés de diverses manières : tels sont le foie, les reins. Parmi les glandes, les unes, telles que les glandes salivaires, élaborent des sucs nécessaires à l'exercice des fonctions ; les autres, telles que les reins, séparent de la masse du sang des liquides qui doivent être expulsés par l'animal. Les produits des glandes sont désignés sous le nom générique de *sécrétions*.

L'appareil circulatoire se compose d'un organe central volumineux (fig. 15), le *cœur*, auquel se relie deux

systèmes de canaux : 1° le système *artériel*, qui du cœur porte le sang à toutes les parties du corps ; et 2° le système *veineux*, qui ramène au cœur le sang de toutes les parties du corps. D'autres canaux appelés vaisseaux chylifères forment une communication spéciale entre l'appareil digestif et l'appareil circulatoire. Ces chylifères font d'ailleurs partie d'un vaste système de *vaisseaux lymphatiques* à l'égard desquels la science n'est pas encore complétée.

L'appareil respiratoire se compose principalement : 1° des *poumons*, vastes organes d'une structure élastique et spongieuse, qui occupent une grande partie de la cavité thoracique ; et 2°, d'un canal nommé *trachée-artère* qui aboutit dans l'arrière-bouche et communique avec les narines.

Ces appareils correspondent aux fonctions de nutrition, de circulation et de respiration que nous avons déjà trouvées chez les végétaux. Mais, ainsi que nous l'avons déjà dit, l'animal présente une fonction générale nouvelle et bien remarquable : le *mouvement volontaire*. Outre la locomotion, il peut accomplir un très-grand nombre de mouvements partiels variés. Tous ces mouvements se font par l'intermédiaire d'un appareil nommé *système nerveux*, qui ne paraît point avoir d'analogue chez les végétaux.

Si l'on examine la tête osseuse du cheval *a b* [fig. 14], on voit qu'elle est attachée à une longue suite d'os, presque tous semblables les uns aux autres, qui se continuent depuis la tête jusqu'à l'extrémité de la queue. Ces os *v v v* sont appelés *vertèbres*. Leur ensemble s'appelle *colonne vertébrale*. Toutes ces vertèbres sont perforées dans leur milieu ; de sorte que, par leur réunion bout à

bout, elles constituent un canal qui règne dans toute la longueur de la colonne vertébrale.

Or, les os dont se compose la tête forment à son sommet une boîte, le *crane a*, qui, au point d'attache avec les vertèbres du cou, communique par un trou (1) avec le canal vertébral.

Cette boîte contient l'*encéphale* ou *cervelle*, laquelle se continue avec un cordon de substance semblable à celle de la cervelle, qui occupe l'intérieur du conduit vertébral, et que l'on nomme *moelle épinière* ou *moelle allongée*.

De la base de l'encéphale et de toutes les parties de la moelle épinière partent les *nerfs*, longs filaments blancs qui vont se divisant à l'infini en se prolongeant dans toutes les parties du corps.

Cet ensemble forme le système *cérébro-spinal*, partie principale de l'appareil nerveux. C'est au moyen de ce système que l'animal perçoit les impressions qui lui viennent des objets qui l'entourent, et qu'il imprime le mouvement aux organes qui dépendent de sa volonté.

En outre, un système de *ganglions*, sorte de renflements de substance nerveuse, disposés de chaque côté de la colonne vertébrale, et qui ne transmettent pas l'action de la volonté, quoiqu'ils communiquent avec le système cérébro-spinal, président aux mouvements des organes intérieurs et complètent l'appareil nerveux.

Outre ces appareils, il en existe beaucoup d'autres dans le corps d'un animal aussi complet que le cheval : tels sont les reins, la vessie (2), etc., et enfin l'appareil

(1) Le *trou occipital*.

(2) Tous ces organes renfermés dans les grandes cavités du corps sont souvent désignés sous le nom générique de *viscères* ; ainsi, le poumon, le cœur, sont des viscères.

de la reproduction, dont nous ne parlerons point dans ce livre. Nous nous bornerons à dire ici que le cheval porte des mamelles, sorte de réservoirs tout remplis de glandes qui, chez la femelle, sécrètent le *lait* destiné à nourrir le jeune cheval dans les premiers temps de sa vie. Et ajoutons que tout ce que nous avons dit, et tout ce que nous allons dire encore du cheval, sauf quelques modifications et quelques exceptions, s'applique à tous les animaux *mammifères*, c'est-à-dire qui portent ainsi des mamelles, sans en excepter l'homme.

Nous allons maintenant reprendre chaque appareil plus en détail et en examiner rapidement les fonctions.

[164*b*] L'animal répare et développe son organisme par une fonction générale de nutrition analogue à celle que nous avons reconnue chez le végétal. Mais tandis que chez les végétaux les plus élevés cette fonction ne présente, à très-peu près, que les mêmes caractères essentiels qu'elle offre dans les végétaux les plus élémentaires, la fonction de nutrition, ainsi que nous le verrons, devient rapidement plus complexe à mesure que l'on s'élève dans la série animale; de telle sorte que chez l'animal supérieur la fonction de nutrition est énormément plus complexe que chez les végétaux les plus élevés.

Chez ceux-ci, l'absorption des liquides et des gaz, faite par des appareils extérieurs (feuilles, radicules), apparaît d'abord; ensuite, les substances absorbées sont, dans les organes, transformées chimiquement en produits spéciaux qui sont alors assimilés.

Chez l'animal supérieur, l'absorption directe n'est plus le premier acte de la nutrition. Ce ne sont plus des organes extérieurs qui accomplissent cet acte. Ce ne sont

plus des substances inorganiques qui fournissent exclusivement les substances nutritives.

Tandis que le végétal tire sa nourriture de l'ensemble des substances inorganiques qui l'entourent (1), les aliments (2), pour l'animal supérieur, sont presque exclusivement (3) des substances organiques déjà préparées par l'organisme animal ou végétal, c'est-à-dire des substances qui ont fait partie d'un animal ou d'un végétal. Introduites dans un appareil intérieur, l'appareil digestif, ces substances y subissent une préparation mécanique et chimique qu'on nomme *digestion*.

La digestion extrait des aliments leurs parties nutritives et rejette, sous forme d'excréments ou *fèces*, les

(1) Il est vrai qu'une certaine quantité de matières organiques en voie de décomposition est très-favorable à la végétation ; mais il paraît certain que le végétal ne se nourrit de ces matières qu'à mesure qu'elles se décomposent, et en absorbant les produits de la décomposition à mesure qu'ils retombent à l'état inorganique.

(2) J'appelle *aliment*, par excellence, toute substance nécessaire au développement des organes et à l'entretien de la vie.

J'appelle *substance alimentaire* toute substance capable de contribuer au développement des organes et à l'entretien de la vie.

L'air atmosphérique, quelques autres gaz, l'eau et quelques sels, voilà les aliments nécessaires au végétal supérieur.

L'air atmosphérique, l'eau, une quantité plus ou moins considérable de substances organiques, et quelques sels, voilà les aliments nécessaires à l'animal supérieur.

(3) Je dis *presque exclusivement*, parce que l'eau et l'oxygène sont absorbés directement et sont des aliments, l'eau, tout au moins, pour les animaux, au même titre que pour les végétaux. On ne pourrait leur refuser la qualité générale d'aliment qu'après avoir établi que pas un atome des éléments de l'eau ou de l'air absorbés ne s'engage ultérieurement dans les tissus animaux. Tout conduit à penser le contraire, au moins pour l'eau.

parties surabondantes ou *inertes*, c'est-à-dire incapables de servir à la nutrition (1). Elle transforme les parties nutritives des aliments en liquides aptes à se mêler au sang et à en maintenir la composition normale.

Cette extraction et cette transformation sont opérées par la trituration des aliments et par le mélange de la masse triturée avec certains liquides sécrétés par des glandes nombreuses.

Broyés dans la bouche sous les dents, les aliments sont d'abord imprégnés par la *salive* que fournissent des glandes situées dans presque toutes les parties de la bouche, sous la langue, sous les mâchoires, etc.

Composée d'eau et de quelques millièmes de divers sels de soude, de potasse, de chaux et de magnésie, la salive agit dans la digestion surtout par une substance organique azotée à laquelle on a donné le nom significatif de *diastase salivaire* [158r]. On peut l'extraire de la salive et la conserver à l'état solide. Or, un gramme de cette diastase salivaire solide, dissoute dans l'eau, peut transformer en sucre environ deux mille grammes de fécule.

La sécrétion de la salive est plus ou moins abondante selon les espèces. Chez le cheval, elle est d'environ trente-deux kilogrammes par 24 heures; mais elle rentre dans le sang par la digestion.

Après avoir parcouru l'œsophage, la masse alimentaire, parvenue dans l'estomac, y est imprégnée d'un suc acide, très-abondant, sécrété par un grand nombre de petites cavités éparses dans la muqueuse (2), et appelé *suc gastrique*.

(1) Telles sont la cellulose végétale et les écailles, les poils des animaux, qui sont insolubles dans les sucs digestifs.

(2) Les cavités du corps, et notamment le tube intestinal, sont tapissées

Ce suc gastrique, dont les éléments actifs sont l'*acide lactique* (1) et une autre substance organique nommée *pepsine*, dissout les substances albuminoïdes et les rend susceptibles d'être absorbées sans que leur composition chimique soit changée. De même que la diastase salivaire, il agit en dehors de l'estomac comme dans ce viscère; et si l'on place des aliments broyés avec du suc gastrique dans un vase maintenu à la température animale [164k], on voit s'opérer une *digestion artificielle*, c'est-à-dire une dissolution des aliments.

Son action est d'ailleurs aidée par des contractions de l'estomac qui mélangent et triturent la masse alimentaire. Cette masse forme une sorte de bouillie qu'on nomme *chyme*.

Pendant la première période de la digestion, les contractions se font de manière à empêcher les aliments de sortir de l'estomac; mais ensuite elles se font de manière à expulser la masse alimentaire qui pénètre alors peu à peu dans l'intestin grêle. C'est surtout dans cette partie du tube digestif que s'opère l'absorption des produits de la digestion.

Imprégnée alors de la *bile* sécrétée par le *foie* (2), dont

de membranes appelées *muqueuses*, c'est une sorte de peau très-fine, très-sensible et sans épiderme. En général, les muqueuses sécrètent des liquides variés, plus ou moins visqueux, que l'on nomme *mucus*. Ainsi, le nez est tapissé intérieurement par la *muqueuse nasale*, et c'est à cause du mucus sécrété par cette membrane que les petits garçons sont appelés *morveux*, et que les belles dames portent de superbes chiffons dont heureusement elles ne se servent guère. C'est bien le plus vilain prétexte d'élégance que je connaisse. La surface rose des lèvres est aussi une muqueuse; mais celle-ci est charmante.

(1) Ainsi nommé parce qu'il est abondant dans le lait caillé.

(2) La plupart des animaux ont au foie, comme le bœuf, par exemple,

la fonction est encore un grand sujet de recherches et de discussions ; imprégnée du *suc intestinal*, qui n'a pas encore été bien étudié (1), et du liquide pancréatique provenant d'une grosse glande nommée *pancréas*, la masse alimentaire subit une action nouvelle.

Les corps gras ne peuvent être dissous par l'eau, ni par la salive, ni par le suc gastrique ; mais l'albumine, mêlée à l'eau, a la propriété d'amener les corps gras à l'état d'*émulsion*, c'est-à-dire de les diviser en particules très-petites qui restent en suspension dans l'eau comme une poussière impalpable dans l'air. Or, le suc pancréatique est albumineux ; comme tel, il émulsionne les corps gras (2) et les rend susceptibles d'être absorbés par les vaisseaux chylifères sous forme d'un liquide blanc, laiteux, qu'on nomme *chyle*, et qui, outre l'émulsion grasse, contient un mélange de tous les produits albuminoïdes et amylicés de la digestion. Au microscope, on y observe des globules sphériques et de dimensions variables. Ces vaisseaux chylifères paraissent à peu près seuls pouvoir absorber les corps gras émulsionnés ; c'est là leur fonction, et elle est aidée par des contractions *vermiculaires* (3) de l'intestin grêle qui font transsuder l'émulsion dans les chylifères.

une *vésicule biliaire*, vulgairement nommée *fel*, où la bile s'accumule pour être versée ensuite dans l'intestin ; mais le cheval n'a pas de vésicule biliaire. Beaucoup d'autres animaux, le chevreuil, le cerf, le pigeon, etc., en manquent également.

(1) Ce suc paraît réunir les propriétés des diverses sécrétions intestinales.

(2) La propriété émulsive du suc pancréatique se manifeste très-bien dans un vase où on le mêle avec des corps gras et de l'eau. Le suc pancréatique transforme aussi l'amidon en sucre.

(3) Contractions semblables à celles que font les *vers*.

Les contractions de l'intestin grêle ont en outre pour effet d'acheminer la masse alimentaire vers le gros intestin. Des mouvements semblables du gros intestin, mais moins énergiques, la font avancer vers le rectum, d'où les matières fécales accumulées sont expulsées par l'anus à des intervalles de temps plus ou moins éloignés. Les mouvements d'introduction des aliments dans le tube intestinal et l'expulsion des résidus de la digestion sont plus ou moins soumis à la volonté ; mais les mouvements intestinaux sont involontaires, et l'animal n'en a presque point conscience.

On voit, par ce qui précède, que le problème chimique de la digestion est aujourd'hui résolu d'une manière à peu près complète. Il nous reste à parler de l'absorption et de son mécanisme.

Le système veineux, et le système lymphatique auquel appartiennent les vaisseaux chylifères, sont clos de toutes parts. Les membranes animales, examinées au microscope le plus puissant, ne laissent voir aucune ouverture, rien qu'une surface plus ou moins transparente, mais continue. C'est donc par endosmose à travers leurs tuniques ou membranes que se pratique l'absorption des sucs nourriciers. Nous avons fait remarquer [158/] que les phénomènes d'endosmose sont plus énergiques sous l'action de la chaleur ; et outre la chaleur interne de l'animal, la pression des intestins favorise l'absorption.

L'eau des boissons est absorbée, sans préparation, dans toute l'étendue du tube digestif (1).

(1) L'eau qui mouille la peau et tous les tissus des animaux, pendant une pluie ou lorsqu'ils se baignent, est également introduite par endosmose, en certaines proportions, dans leur corps.

A mesure que les substances amylacées et albuminoïdes sont dissoutes, elles sont absorbées dans les veines intestinales qui courent le long de ce tube; quand, par l'action du suc pancréatique, les corps gras ont été émulsionnés, ils sont absorbés par les chylifères; et tout ce qui peut rester encore de liquides nutritifs dans la masse digérée est absorbé par les parois du gros intestin et même du rectum.

[164c] Nous avons dit que les chylifères faisaient partie d'un système de vaisseaux appelés *lymphatiques*. La circulation s'y opère par la contraction de leurs parois; des *valvules*, sortes de soupapes membraneuses placées à de petites distances les unes des autres dans ces vaisseaux, s'ouvrent par l'effet de la contraction et laissent passer le liquide. Et comme ces soupapes s'ouvrent toutes dans le même sens, et s'opposent à ce que le liquide retourne vers les organes où il a été absorbé, elles déterminent sa marche vers de gros vaisseaux qui le reversent dans le torrent de la circulation générale. La marche des liquides est d'ailleurs aidée dans ces vaisseaux par les contractions musculaires et par plusieurs autres causes. Au total, cette circulation est faible et lente. On a trouvé que chez une vache la lymphe parcourait une distance de deux centimètres et demi par seconde.

La *lymphe* qui remplit plus ou moins les vaisseaux lymphatiques, et même les chylifères lorsque la digestion est achevée, est un liquide transparent jaunâtre ou rosé. Elle se compose d'une quantité minime de fibrine, d'albumine et de sels dissous dans une grande quantité d'eau (environ 95 pour 100). Elle contient un petit nombre de globules sphériques; elle est le produit d'une absorption qui s'opère, par les vaisseaux lymphatiques, dans l'inté-

rieur des organes et sur toute l'étendue des réseaux capillaires sanguins auxquels les réseaux lymphatiques sont superposés à la limite des organes.

[164d] *L'appareil circulatoire*, proprement dit, distribuée dans toutes les parties du corps le sang destiné à les nourrir, et ramène aux poumons le sang qui, après avoir baigné toutes les parties du corps, doit subir l'action de l'air pour pouvoir continuer ses fonctions.

Le cœur, organe central de cet appareil, est une masse musculaire où se trouvent quatre cavités. Les deux cavités supérieures *c d* [fig. 15], avec leurs parois, sont appelées *oreillettes*; les deux cavités inférieures *a b*, avec leurs parois, sont appelées *ventricules*. Chaque oreillette communique avec le ventricule placé au-dessous d'elle par une ouverture *x, z*, garnie d'une valvule, mais les oreillettes ni les ventricules ne communiquent point entre eux; de sorte que le cœur se trouve partagé en deux moitiés accolées que l'on appelle *cœur gauche* et *cœur droit*. A l'aide d'une préparation habile, on peut désunir et séparer ces deux cœurs.

Les deux oreillettes se contractent ensemble au moment où les deux ventricules se dilatent, et les ventricules se contractent ensemble au moment où les oreillettes se dilatent. Les parois des ventricules étant plus épaisses que celles des oreillettes, leurs contractions sont plus énergiques; et la paroi du cœur gauche étant plus étendue et plus épaisse que celle du cœur droit, les contractions du cœur gauche sont plus énergiques que celles du cœur droit.

Lorsque l'oreillette gauche *c* se dilate, elle reçoit le sang *vermeil* qui vient du poumon par les *veines pulmonaires o p*; lorsqu'ensuite elle se contracte, sa pression fait ouvrir la

valvule *x* de communication avec le ventricule gauche *a*. Le sang afflue dans ce ventricule. Le ventricule se contractant aussitôt, sa pression agit sur la valvule *x* de manière à fermer la communication avec l'oreillette *c*, et le sang ne pouvant remonter dans l'oreillette est poussé dans l'aorte *f*, grosse artère principale d'où rayonnent les troncs artériels secondaires. Chacun de ces troncs se ramifie de plus en plus en s'éloignant du cœur dans les diverses parties du corps. Le sang vermeil parcourt tout l'*arbre artériel*, parvient au réseau des *vaisseaux capillaires* qui s'anastomosent de tous côtés avec les plus petites des *veines*, lesquelles se réunissent dans des troncs veineux de plus en plus gros en se rapprochant du cœur, et aboutissent enfin dans la *veine cave supérieure i* et la *veine cave inférieure h* qui débouchent dans l'oreillette droite *d*. Au moment où cette oreillette se dilate, elle reçoit le sang *brun*, que ramènent les veines caves. Lorsqu'ensuite elle se contracte, sa pression fait ouvrir la valvule *z*; le sang pénètre dans le ventricule droit *b*. Ce ventricule se contractant aussitôt, la valvule ferme la communication, et le sang, ne pouvant remonter dans l'oreillette, est chassé dans l'*artère pulmonaire g g*, qui le distribue aux vaisseaux capillaires du poumon, d'où bientôt il revient par les veines pulmonaires *o p* à l'oreillette gauche du cœur.

Il y a donc deux *cercles circulatoires* : l'un commence au ventricule gauche, traverse les organes et finit à l'oreillette droite; l'autre commence au ventricule droit, traverse les poumons et finit à l'oreillette gauche. Le premier, plus étendu que le second, a reçu le nom de *grande circulation*; l'autre est appelé *petite circulation* ou *circulation pulmonaire*; et les animaux où ils existent sont dits à *double circulation*.

L'inégalité de la force des parties du cœur est en rapport avec leurs fonctions. La force nécessaire aux oreillettes pour introduire le sang dans les ventricules est bien moindre que la force nécessaire aux ventricules pour chasser le sang dans les deux cercles circulatoires; et le ventricule gauche, qui préside à la grande circulation, a besoin de plus de force que le ventricule droit, agent de la petite circulation.

La contraction des ventricules est la cause principale de la circulation du sang; mais plusieurs causes secondaires y contribuent aussi. Nous en indiquerons seulement quelques-unes.

Les artères sont élastiques et de plus *contractiles*, c'est-à-dire qu'elles se contractent d'elles-mêmes pour chasser le sang qui les gonfle. Dans les veines, la circulation est aidée surtout par les contractions musculaires; et comme pour les parties inférieures du corps la pesanteur est un obstacle au retour du sang vers le cœur, des valvules placées de distance en distance dans les veines empêchent le sang de *retomber* à mesure que les diverses forces qui agissent sur lui l'ont fait remonter vers le cœur. Enfin, le *mécanisme* de la respiration vient en aide à la circulation artérielle et veineuse par une action trop compliquée pour être expliquée ici (1).

Les contractions périodiques des ventricules, projetant chacune une *ondée* de sang dans les artères, sont la cause du battement de ces vaisseaux que l'on nomme *pouls*. L'élasticité et la contractilité des artères et des

(1) On en trouvera le détail dans l'excellent *Traité élémentaire de physiologie* de Béclard. Nous ne saurions trop recommander la lecture de cet ouvrage.

capillaires, le frottement du sang contre leurs parois, annulant cet effet de l'intermittence d'action du cœur, le pouls ne se fait plus sentir dans les veines.

On a reconnu que chez les mammifères, quelle que soit leur taille, la vitesse du sang dans les artères près du cœur est d'environ trente-trois centimètres par seconde, et que la tension du sang artériel équivaut à une colonne de mercure de quinze centimètres de hauteur ou à une colonne d'eau de deux mètres, c'est-à-dire que cette pression est d'environ un cinquième d'atmosphère [110]. Cette vitesse et cette pression diminuent à mesure que le sang s'éloigne du cœur.

La tension du sang dans les veines est beaucoup moindre que dans les artères; elle n'équivaut qu'à une colonne de mercure d'un centimètre et demi, ou deux centimètres de hauteur.

Le sang du cheval ne met que vingt-cinq ou trente secondes à parcourir le double cercle de la circulation, et cette vitesse paraît être à peu près la même chez tous les mammifères.

Les vaisseaux capillaires où aboutissent les artères et d'où partent les veines sont extrêmement nombreux et déliés dans tous les organes. Le diamètre des plus fins est d'environ la deux-centième partie d'un millimètre.

« Lorsqu'une aiguille est enfoncée dans la peau, elle est comme une poutre énorme qui traverserait une fine étoffe de gaze, et elle déchire des centaines de capillaires. »

BÉCLARD.

[164e] Nous terminerons sur ce sujet par une remarque capitale.

Les mouvements impulsifs du cœur sont dus à la contractilité de cet organe; et bien que l'état *physiologique*,

c'est-à-dire l'état d'un être où la vie préside à l'accomplissement normal de l'ensemble des fonctions, soit celui où cette contractilité se manifeste avec toute sa puissance et sa régularité, la vie n'est pas indispensable à l'exercice de cette propriété et de la fonction impulsive du cœur.

Le cœur d'un animal, comme tout autre muscle, se contracte encore, surtout lorsqu'on le touche, pendant plus ou moins de temps, après que la vie a cessé. Mais, bien plus, si l'on tue un mammifère, et que, aussitôt après que la respiration et la circulation ont cessé, on établisse chez cet animal une respiration artificielle au moyen d'un soufflet, par exemple, les contractions du cœur recommenceront aussitôt; la circulation pulmonaire se rétablira pour quelque temps, ainsi que la circulation générale. Le phénomène pourra durer plusieurs heures.

Si même on enlève à un jeune chien l'encéphale et la moelle allongée, il suffit d'entretenir chez l'animal une respiration artificielle pour voir persister les contractions du cœur pendant une heure et même plus.

Ainsi, loin que les contractions du cœur des animaux prouvent incontestablement l'existence d'une force spéciale, appelée la *vie*, les faits que nous exposons ici prouvent que les contractions du cœur peuvent se produire autrement que par l'effet de cette force supposée.

Tous les gens du monde, tous les métaphysiciens et même encore la plupart des savants considèrent la vie comme *une force générale et spéciale qui anime seule la machine organisée*, et qui agit comme le grand ressort d'une montre. On a même prétendu, dans ces derniers temps, assigner le point précis où cette force aurait son siège.

Or, nous voulons combattre cette erreur radicale sur l'idée que l'on doit concevoir de la vie.

Nous remarquons donc d'abord que, après que le cerveau est mort et même enlevé, après que le poumon est mort, après que l'animal est mutilé de telle manière qu'il est nécessairement mort, sous l'influence d'une action mécanique rétablissant une respiration artificielle, le cœur recommence à fonctionner comme pendant la vie, tandis que l'animal est mort et reste mort.

Et nous disons : Il est bien évident qu'ici ce n'est pas une prétendue force générale (la vie) qui fait battre le cœur, puisque c'est un soufflet.

Heurté tout à coup ici en son préjugé le plus solide, précipité dans des ténèbres où cent questions se lèvent comme des spectres, le lecteur daignera-t-il continuer de nous entendre?

La première de ces questions est de savoir quelles sont les causes qui mettent en jeu la contractilité du cœur.

Ce sont, selon toute apparence :

1° Les mouvements des poumons et du thorax qui agissent sur les fibres contractiles [164*m*] du cœur comme l'attouchement sur un cœur arraché de la poitrine d'un animal et sur les feuilles d'une sensitive [161*b*].

En effet, au moment où le cœur a cessé de battre, lorsqu'on commence l'action de la respiration artificielle, il n'y a plus de circulation, et la circulation n'aura lieu qu'après que le cœur se sera contracté. Or, puisque la circulation se rétablit, c'est donc parce que les mouvements imprimés au poumon et au thorax ont excité la contractilité des fibres du cœur.

2° L'action du sang sur le cœur est une seconde cause de contractions qui s'ajoute bientôt à la première.

3° L'action nerveuse, quelle que soit sa nature, est aussi une cause énergique des contractions du cœur, car certaines sensations, certains sentiments, les accélèrent, ou même les suspendent momentanément.

[164f] Lorsqu'un mammifère est privé d'air, toutes ses fonctions vitales ne tardent pas à s'interrompre; il tombe inanimé : il est *asphyxié*, et cet état de mort apparente est bientôt suivi d'une mort certaine si l'air ne lui est pas rendu.

L'air est donc nécessaire aux animaux comme aux végétaux; mais les résultats de la respiration diffèrent beaucoup chez ces deux classes d'êtres.

L'organe principal de la respiration chez les mammifères est le poumon. Cet organe, d'une structure très-élastique et spongieuse, est traversé en tous sens par des canaux destinés à recevoir l'air lorsque, dans l'inspiration, le poumon se dilate. Ces canaux s'ouvrent tous dans la trachée-artère; leurs innombrables ramifications s'appellent *bronches*; leurs dernières divisions sont très-déliées et terminées par un cul-de-sac. Tous ces canaux sont tapissés par une membrane muqueuse d'une extrême finesse, au-dessous de laquelle rampe le réseau vasculaire sanguin.

Les narines, aussi bien que la bouche, communiquent avec la trachée-artère. Il en résulte que la respiration ne souffre pas d'interruption quand la bouche est fermée ou remplie par les aliments.

La cage thoracique qui contient les poumons (1) agit à la manière d'un soufflet. Certains muscles agissent pour

(1) Le poumon se divise en deux lobes situés de chaque côté de la poitrine, de sorte que l'on dit également *le poumon* ou *les poumons*.

écarter ses parois : le poumon s'agrandit en même temps que la poitrine ; l'aspiration de l'air est produite. Bientôt, par suite de l'élasticité de la cage thoracique et de l'action de certains muscles, cette cage revient sur elle-même et l'expiration s'accomplit.

Dans l'acte de la respiration, composé d'une inspiration et d'une expiration, une partie de l'oxygène de l'air est absorbé et un volume presque égal d'acide carbonique est expulsé. Ainsi, le résultat de la respiration animale est inverse du résultat de la respiration végétale [1580].

En outre, l'air sortant du poumon est imprégné d'une forte proportion de vapeur d'eau. Cette exhalation de vapeur d'eau constitue ce qu'on nomme la *transpiration pulmonaire*.

L'échange des gaz dans les poumons, à travers leurs membranes, est un phénomène qui se rapporte aux mêmes causes que l'endosmose des gaz à travers les membranes végétales, et qui s'accomplit de même en dehors de l'organisme.

En effet, du sang veineux contenu dans une vessie placée sous une cloche remplie d'oxygène, exhale de l'acide carbonique que l'on retrouve dans la cloche et absorbe de l'oxygène.

Le sang du cheval et de tous les mammifères est un liquide rouge plus ou moins foncé. On y trouve environ 79 pour 100 d'eau. Les vingt et un autres centièmes contiennent de l'albumine, de la fibrine, une matière colorée en rouge par le fer, une autre matière colorante jaune, un grand nombre de sels (sel marin, hydrochlorates de potasse, d'ammoniaque ; sulfate de potasse, carbonates de soude, de chaux, de magnésie ; phosphates

de soude, de chaux, de magnésie, etc.), de l'acide carbonique, de l'azote, de l'oxygène.

Le sang devant fournir leurs éléments à toutes les parties de ces organismes si compliqués, la complication de sa composition ne doit pas nous étonner.

Une partie de ces éléments chimiques du sang sont constitués en deux sortes de globules microscopiques.

1° Les globules rouges, composés d'une enveloppe contenant un liquide visqueux et la substance colorante rouge nommée *hématosine*. Cette enveloppe et ce liquide sont albuminoïdes, c'est-à-dire formés d'une substance analogue à l'albumine. Ces globules sont en forme de *disques aplatis*. Dans les diverses espèces de mammifères, leur diamètre varie entre la cent-vingt-cinquième et la deux-centième partie d'un millimètre.

2° Les globules blancs, beaucoup moins nombreux que les rouges (dans le rapport de 1 à 350 ou 400 chez l'homme), sont *sphériques* et incolores; ils ne semblent être autre chose que des globules du chyle et de la lymphe.

La quantité totale de ces deux sortes de globules est très-considérable; on estime qu'elle entre pour moitié dans la masse du sang.

Le sang qui revient au cœur par les veines de la grande circulation, et aussi celui qui remplit les artères pulmonaires, est *rouge-brun*; mais dès qu'il a subi l'action de l'air dans les organes respiratoires, il devient *vermeil*, c'est-à-dire d'un beau rouge vif. Ce sang vermeil remplit les veines pulmonaires et les artères de la grande circulation.

Ce remarquable changement de coloration, instantané, est dû à l'absorption de l'oxygène; car du sang brun

agité dans un vase à l'air libre absorbe également de l'oxygène et se transforme aussitôt en sang vermeil.

Il paraît probable que c'est sur les globules rouges que se porte surtout l'oxygène absorbé; mais la manière dont s'opère le changement de leur coloration par suite de l'absorption d'oxygène n'est pas connue encore.

Quoi qu'il en soit, l'oxygène se combine dans tout le parcours de la circulation avec une grande quantité de carbone et une petite quantité d'hydrogène, et c'est par suite de cette dernière combinaison que le volume d'acide carbonique expiré est un peu inférieur au volume d'oxygène absorbé.

La proportion d'oxygène absorbé dans un volume donné d'air n'est pas la même chez tous les mammifères. Elle est d'ordinaire plus grande chez les petites espèces, ainsi que l'exhalation carbonique, car il y a toujours une relation étroite entre ces deux quantités.

En outre, des différences d'espèce, une foule de causes (l'âge, le sexe, la nature de l'alimentation, la température, etc.) font varier les quantités d'oxygène et d'acide carbonique échangés dans un temps donné.

Mais on ne sait pas bien comment l'acide carbonique se forme dans le sang, c'est-à-dire que l'on ne sait point par quelle action chimique spéciale l'oxygène de l'air s'unit au carbone contenu dans les éléments du sang.

Par cette action chimique, quelle qu'elle soit, une certaine quantité d'azote se trouve mise en liberté et dissoute dans le sang, d'où elle passe et se manifeste souvent dans les produits de l'expiration. Cette quantité est d'ailleurs toujours très-faible.

La peau est, comme les poumons, le siège de phénomènes respiratoires, c'est-à-dire d'une absorption d'oxy-

gène et d'une exhalation d'acide carbonique; mais ces phénomènes y sont beaucoup moins énergiques que dans le poumon, surtout chez les animaux revêtus, comme le cheval, d'une peau épaisse couverte de poils nombreux.

Le sang veineux contient moins de globules que le sang artériel.

On pense que les globules du sang, ceux du chyle et de la lymphe, qui, par expérience, ont paru ne pouvoir traverser les parois des vaisseaux, se forment à l'intérieur de ces vaisseaux aux dépens des liquides qu'ils contiennent, et qu'une fois formés, ils ne peuvent plus sortir de ces vaisseaux.

Mais alors comment leur nombre diminue-t-il dans le sang veineux normal et dans toute la masse du sang de beaucoup de malades? Que deviennent ces globules qui disparaissent?

Nous ne connaissons point de solution certaine sur cette difficulté importante. M. Béclard pense que les globules se développent aux dépens des matières albuminoïdes introduites dans le sang par la digestion, et qu'après avoir vécu un certain temps, ils se dissolvent; de telle manière que la partie nutritive du sang aurait d'abord passé par cet état vésiculaire avant d'être apte à entrer dans la composition des organes.

Le nombre des respirations accomplies, en un temps donné, par les mammifères, varie beaucoup selon les espèces, selon l'âge, le sexe, etc.; et le rapport de la respiration avec la circulation est manifeste, car d'ordinaire les nombres de respirations et de pulsations augmentent et diminuent ensemble. Mais dans cette relation du poumon et du cœur, c'est le poumon qui prime le cœur, puisque

le cœur s'arrête bientôt après que le poumon a cessé de fonctionner et que l'établissement de la respiration artificielle rétablit pour assez longtemps la fonction du cœur.

[164g] Cependant, la possibilité d'interrompre à volonté la respiration pendant une minute et même plus sans que le cœur s'arrête, les contractions qui continuent pendant un certain temps après que la respiration a cessé, et les contractions qui se manifestent dans un cœur arraché de la poitrine d'un animal, prouvent que l'organe central de la circulation, absolument parlant, possède une vie propre, spéciale à lui-même.

Or, un fait récent prouve que l'organe respiratoire a également une vie propre et spéciale à lui-même.

Pour le besoin d'une opération, un malade avait été soumis à l'inhalation (1) de l'amylène. Quelques minutes après que l'anesthésie (2) fut produite, et une demi-minute après que le pouls avait été trouvé bon, l'opération étant achevée, on ne trouva plus de pulsations à gauche; à droite, on ne percevait qu'une légère ondulation; du reste, *la respiration était paisible*. Cependant, après deux ou trois minutes, elle se ralentit et s'embarrassa; les mouvements respiratoires devinrent rares et profonds: on employa vainement plusieurs procédés de respiration artificielle pour venir au secours de cette respiration lente et ranimer la circulation; les bruits du cœur ne reparurent point, et *dix minutes après que le pouls eut cessé d'être perçu, le malade, ou plutôt le mort, respirait encore* (3).

(1) *Inhalation*, absorption par respiration d'une vapeur.

(2) On appelle *anesthésie* une diminution ou une abolition de la sensibilité, c'est-à-dire de la faculté de percevoir des sensations.

(3) Voyez *l'Ami des sciences*, 3 mai 1857.

Ainsi, le poumon et le mécanisme musculaire de la respiration avaient conservé leur vie propre longtemps après que la circulation avait cessé.

[164*h*] Dans certaines maladies, surtout en cas de pertes de sang excessives, on a tenté plusieurs fois la transfusion du sang, c'est-à-dire l'introduction du sang d'une personne saine dans les veines d'une personne épuisée. Cette opération qui assurément n'offre de dangers que parce que les conditions de sa réussite ne sont pas encore bien connues, a été récemment pratiquée avec succès. Par suite d'hémorragie, une jeune femme était exposée à une mort imminente. Le sang pris à un élève interne de l'hôpital où elle se trouvait, lui ayant été infusé, elle se rétablit promptement.

Nous ne connaissons rien de plus émouvant qu'une telle opération.

Les conditions du succès de la transfusion du sang devraient être étudiées avec persistance, afin qu'on pût la pratiquer régulièrement à la suite des hémorragies redoutables auxquelles sont exposées les femmes.

[164*i*] Les nombreux organes que nous venons de passer en revue, ainsi que beaucoup d'autres moins importants dont nous ne parlerons point, concourent pour produire le phénomène général de la nutrition. Comment l'*assimilation*, c'est-à-dire l'introduction des suc nutritifs du sang dans la substance des organes, se produit-elle? On ne possède guère sur ce point que des probabilités générales dont nous dirons seulement l'essentiel.

Les animaux supérieurs (mammifères, oiseaux) consomment de très-grandes quantités d'aliments. Pour le cheval, cette quantité peut atteindre jusqu'à trente et même quarante kilogrammes par jour, boisson comprise.

Cependant, lorsque ces êtres sont parvenus à leur complet développement, leur poids reste stationnaire, parce que, à mesure que de nouvelle substance est introduite par assimilation dans leurs organes, une quantité correspondante cesse de faire partie de ces organes après y avoir séjourné plus ou moins de temps. Cette expulsion de substance constitue le phénomène général de l'*élimination*.

Le sang qui conduit à toutes les parties du corps les sucs nutritifs reçoit en même temps la plus grande partie des substances éliminées, et les conduit vers des organes dont la fonction est de les séparer de sa masse. Tels sont les reins : ils séparent de la masse du sang l'urine qui ensuite s'accumule dans la vessie, d'où elle est expulsée à des intervalles de temps plus ou moins longs (1).

Les matières azotées de l'alimentation, après avoir été modifiées par la digestion, se reconstituent dans le sang à l'état d'albumine. Celle-ci contribue à la formation des globules du sang. Leur rôle n'est pas encore bien connu, mais il paraît probable que l'oxygène respiré se portant sur eux principalement, il en résulte la *fibrine*, qui est plus oxydée que l'albumine (2). La fibrine tend à se solidifier; beaucoup de causes déterminent facilement cette solidification. Il est probable que c'est d'elle que procèdent directement les divers tissus de l'organisme,

(1) Ce qu'on appelle vulgairement *rognons de mouton*, *rognons de veau*, etc., sont les reins du mouton, du veau, etc.

(2) Les analyses citées, d'après Malaguti, au paragraphe 158r, présentent la *fibrine végétale* comme moins oxydée que l'*albumine végétale*; mais, selon Béchard et tous les physiologistes, la fibrine animale est, au contraire, un peu plus oxydée que l'albumine.

puisqu'ils se distinguent d'elle par un état d'oxydation plus avancée. Quant aux muscles, ils sont composés de la fibrine elle-même. Enfin, après que l'exercice des fonctions musculaires a déterminé en elle des changements dont la description précise n'est pas encore possible, la fibrine, éliminée de la substance des muscles, rentre dans le sang sous diverses formes chimiques caractérisées par une plus ou moins grande quantité d'oxygène ajoutée à ses éléments. Tels sont, entre autres, l'acide urique et l'urée expulsés ensuite avec l'urine.

Quant aux substances amylacées absorbées à l'état de glucose, et aux substances grasses absorbées à l'état d'émulsion, elles circulent dans le sang jusqu'à ce qu'elles aient été entièrement comburées par l'oxygène respiré. Le dernier terme de cette combustion est une production d'eau et d'acide carbonique éliminés par les poumons, les reins et la peau.

Dans l'organisme animal, les substances amylacées se transforment facilement en graisse lorsqu'elles sont absorbées en quantités plus grandes qu'il n'est nécessaire. Cette transformation n'est nullement obscure, puisque, ainsi que nous l'avons vu [158r], les corps gras diffèrent chimiquement de l'amidon par une moins grande proportion d'oxygène et que les organes vivants produisent beaucoup de transformations analogues. Cette graisse accumulée dans toutes les parties du corps sert de réserve aux fonctions respiratoires; c'est-à-dire que si l'animal vient à manquer de nourriture, il emprunte d'abord à cette graisse le carbone et l'hydrogène nécessaires à la combustion interne, et les muscles ne commencent à perdre rapidement de leur substance, pour ce besoin, qu'après que la graisse a entièrement disparu.

D'un autre côté, dans une affection redoutable des animaux, le *diabète sucré*, les substances grasses des aliments se transforment en sucre.

[164j] Les tissus animaux présentent trois groupes, dit Béclard : dans le premier groupe qui comprend les épidermes recouvrant les surfaces externes et les épithéliums recouvrant les surfaces internes (muqueuses), les tissus sont constitués par une innombrable quantité de cellules polygonales [158c]; un second groupe, comprenant les cartilages et les os, est constitué par une substance quaternaire *amorphe* [136c], qui, par la cuisson dans l'eau chaude, donne la gélatine : ces tissus sont parsemés de cellules ou corpuscules en plus ou moins grande abondance; enfin, un troisième groupe comprend, entre autres, les muscles, composés de fibres pleines, et les nerfs, composés de tubes.

Le mode de formation du premier groupe de tissus, ainsi que des cheveux, des poils et des ongles, est très-bien expliqué; mais celui des deux autres est encore incertain.

[164k] Les fonctions de nutrition, qui sont communes aux animaux et aux végétaux, ont reçu la nom de *fonctions végétatives*. Pourtant il est facile de voir qu'elles présentent chez les mammifères un caractère de supériorité extrême, tant par rapport aux organes que sous le rapport du développement des fonctions elles-mêmes.

Ces fonctions végétatives produisent, particulièrement chez les mammifères et les oiseaux, un résultat bien remarquable : *la chaleur animale*.

En général, la température de leurs organes intérieurs est de 36° à 40° pour les mammifères et de 40° à 44° pour les oiseaux. Cette chaleur interne ne varie presque point

malgré les oscillations de la température ambiante. Par un temps froid, l'animal mange et respire davantage ; la transpiration diminue et la production de chaleur, par suite de la combustion intérieure, s'accroît de manière à s'opposer au refroidissement. Par un temps chaud, la transpiration augmente ; l'évaporation de la chaleur se fait en partie aux dépens de la chaleur de l'animal et tend à la diminuer à mesure que la chaleur de l'atmosphère s'élève. Il en résulte une permanence remarquable dans la chaleur interne de ces êtres, — excepté en cas de maladie, où cette chaleur interne peut s'élever de 4° à 6° en plus.

On est arrivé, par des expériences variées, à reconnaître que la chaleur produite par les animaux à *sang chaud* correspond, sensiblement, à celle que développerait la combustion des quantités de carbone et d'hydrogène qui se combinent dans leur sang avec l'oxygène de l'air.

Il n'est pas étonnant que cette élévation de température intérieure ne se rencontre point habituellement chez les végétaux, puisque les phénomènes de combinaison chimique, par suite de la respiration, ont chez eux non pas seulement un tout autre caractère, mais une intensité incomparablement moins grande.

La résistance des organismes animaux à l'influence des températures ambiantes a des limites assez étroites. Placés dans des étuves chauffées de 60° à 90°, leur température interne s'élève peu à peu de 4° à 5° au-dessus de l'état normal. Si l'on prolonge trop l'expérience, leur température s'accroît encore, et la mort survient quand l'accroissement est de 5° à 7°.

La température des animaux placés dans un mélange

réfrigérant (1) s'abaisse très-vite, et quand ils ont perdu 14° à 15° de chaleur, ils meurent.

Dans une atmosphère gazeuse très-refroidie, ils résistent beaucoup plus longtemps, parce que les gaz ayant un faible pouvoir conducteur [58], la déperdition de chaleur interne y est moins rapide; mais la mort arrive toujours dès qu'ils ont perdu environ le tiers de leur température normale.

La résistance des animaux à l'élévation de la température est subordonnée à l'état de sécheresse de l'air. On a vu l'homme, dans des étuves dont l'air était sec, résister sept minutes à des températures de 93° et même de 109°. On a vu une jeune fille rester exposée pendant dix minutes à une température de 140°. Mais lorsque l'air d'une étuve est saturé de vapeur d'eau, c'est-à-dire extrêmement humide, l'homme peut à peine y supporter quelques instants des températures très-inférieures à celles que nous venons de dire, et sa température propre monte rapidement jusqu'à ses limites extrêmes, parce que, dans l'air saturé de vapeur, l'évaporation de la sueur ne peut plus se faire et procurer de refroidissement. Même, un animal dont la température était de 40° ayant été introduit dans une boîte contenant de l'air saturé à 38°, lorsqu'il en fut retiré, après quarante minutes, sa température était montée à 42°,4 (quarante-deux degrés et quatre dixièmes de degré). Quoique la température ambiante fût inférieure à la sienne, la température de l'animal s'était élevée, parce que, tandis qu'il continuait

(1) On appelle ainsi certaines mélanges (par exemple, de glace et de sel marin) au moyen desquels on produit des froids intenses. La théorie de ces mélanges passe pour très-simple aux yeux de tous les professeurs de physique élémentaire. Voyez donc leurs traités

à produire de la chaleur par la respiration, l'évaporation de la sueur ne se faisant point n'avait pu lui procurer le refroidissement nécessaire au maintien de l'équilibre. (*Béclard.*)

D'ailleurs, à l'aide des vêtements, du feu, de la nourriture et de l'exercice, l'homme résiste beaucoup mieux au froid qu'à la chaleur. Les navigateurs qui ont séjourné près des pôles ont vu le thermomètre descendre à — 48° — 49° et même — 56° au-dessous de 0°. Il y avait donc alors quatre-vingts à quatre-vingt-dix degrés de différence entre la température de leur corps et celle du milieu où ils vivaient.

[164] Nous n'étudierons pas ici les facultés les plus importantes qui dépendent du système nerveux (1); elles seront l'objet d'une analyse qui servira d'introduction au livre des *Commencements de l'humanité*.

Il n'entre pas davantage dans notre plan d'étudier maintenant en détail les fonctions de relation; mais il est indispensable de les reconnaître.

On appelle *fonctions de relation* celles qui mettent l'animal en rapport, en relation, avec le monde extérieur.

Tous les physiologistes, tous les naturalistes les confondent, à tort assurément, avec les *fonctions de la vie animale*, c'est-à-dire avec les fonctions qui, selon eux, sont particulières à l'animal et le distinguent du végétal.

Le fait fondamental de la vie animale, c'est la *contractilité*, c'est-à-dire la propriété que possèdent certains organes de se contracter sous certaines influences.

Comment s'opère cette contraction dans l'intérieur des tissus? C'est encore obscur. Mais chacun peut voir que

(1) La volonté, l'instinct, l'intelligence.

sous l'influence de la volonté les muscles se gonflent, se grossissent, se raccourcissent, ou se dégonflent et s'allongent, et font jouer les membres de l'animal à peu près comme les ficelles, que l'on tend ou que l'on détend, élèvent et abaissent les diverses parties d'une marionnette.

C'est de la contractilité que dépend la faculté de changer de lieu volontairement, qui est un caractère si nettement distinctif de l'animalité. La locomotion est bien une fonction de relation en même temps qu'un phénomène de la vie animale; mais d'autres phénomènes de contractilité ne sont point des phénomènes de relation. C'est pourquoi il ne nous paraît pas juste de considérer les deux expressions : *fonctions de la vie animale, fonction de relation*, comme équivalentes.

En effet, la contractilité musculaire s'exerce : 1° *sous l'influence de la volonté*, et alors les phénomènes qui en résultent sont des phénomènes de relation : par exemple, le cheval contracte ses muscles pour courir vers la prairie, c'est-à-dire pour se mettre en relation avec elle; 2° *sous une influence organique indépendante de la volonté de l'animal* : par exemple, les contractions du cœur, les contractions des intestins, que l'animal ne peut volontairement ni produire ni empêcher. Ces contractions ne peuvent, en aucune manière, être rangées dans l'ordre des fonctions de relation; elles ne mettent point l'animal en communication avec le monde extérieur.

En définitive, dans l'organisme animal tous les muscles sont susceptibles de contractions; c'est leur fonction spéciale. Mais les contractions des muscles qui mettent l'animal en relation avec le monde extérieur sont soumises à sa volonté; tandis que, en général, les contractions des muscles qui concourent à l'exercice des fon-

tions végétatives ne sont point soumises à sa volonté. La contractilité n'est donc point une fonction de relation exclusivement, mais une faculté qui, dans l'animalité, concourt à l'accomplissement de toutes les fonctions, soit végétatives, soit de relation. D'ailleurs, la contractilité, qui appartient à toute l'animalité, ne lui est pas exclusivement propre, puisque certains végétaux en sont doués [161*b*]; mais pour les végétaux c'est l'exception.

Chez les animaux supérieurs (mammifères, oiseaux), les fibres des muscles *volontaires*, c'est-à-dire soumis à l'action de la volonté, n'ont pas la même structure que les fibres des muscles qui ne dépendent pas de la volonté, et ils reçoivent des nerfs du système nerveux cérébro-spinal, tandis que les muscles involontaires reçoivent des nerfs du système nerveux ganglionnaire.

Cependant, le cœur, qui n'est pas soumis à l'action de la volonté, est composé de fibres semblables à celles des muscles volontaires, et certains muscles qui se contractent habituellement sous une influence organique indépendante de la volonté, sont cependant soumis à son action. Tels sont les muscles de l'appareil respiratoire : ils se contractent à chaque instant pour exécuter leur fonction sans que la volonté s'en mêle; mais l'animal peut à volonté suspendre et accélérer, restreindre et amplifier leurs contractions.

Tous les mouvements, volontaires ou non, que l'on peut observer dans l'organisme du cheval, se font donc par l'intermédiaire des muscles.

Les muscles destinés à produire les mouvements des membres sont attachés par leurs extrémités à des parties différentes du squelette.

Le squelette (fig. 14) est composé d'un grand nom-

bre de parties distinctes et jointes les unes aux autres par des ligaments, de sorte que chacune de ces parties est plus ou moins mobile. Ces points de jonction, où les os peuvent se mouvoir comme des charnières, sont appelés *articulations*. — Nous ne saurions entreprendre l'étude détaillée des os du cheval ; qu'il nous suffise de dire ici que les squelettes de tous les animaux *vertébrés* sont composés à très-peu près des mêmes parties plus ou moins modifiées (1).

Or voici comment s'opère, en général, le mouvement d'un membre quelconque (fig. 16). Soit A B l'os de la partie supérieure du bras, et BC l'os double de la partie inférieure : B est l'articulation du coude ; soit D E le muscle qui sert à plier la partie inférieure du bras vers la partie supérieure : on voit que, au moment où la volonté agit sur ce muscle pour le contracter, son raccourcissement force l'os B C à se plier vers l'os A B en tournant sur l'articulation du coude.

[164*m*] Nous avons fait connaître l'indépendance de la vitalité du cœur [164*e*] et du poumon [164*g*]. Ici se place une vérité du même ordre et d'un caractère plus général.

La contractilité musculaire est indépendante, c'est-à-dire que cette contractilité existe dans la fibre musculaire par suite de sa constitution même, et non pas comme conséquence dépendante de la vie générale de l'animal, ni comme un effet nécessairement subordonné à une action nerveuse.

Sans doute, l'action nerveuse est l'agent, mystérieux encore, qui met le plus souvent, en jeu la contractilité

(1) Ce sujet sera traité dans un chapitre spécial, au volume suivant.

musculaire; mais *la fibre musculaire séparée du corps d'un animal vivant, soustraite à l'influence de la vie générale de l'organisme, dépourvue de tout filament nerveux capable d'une action quelconque, conserve pendant quelque temps encore sa contractilité.*

Entrevue jadis par Haller, et sortie enfin tout éclatante des expériences récentes et répétées de Reid, Flourens, C. Bernard, Brown-Sequard et Longet, cette vérité va changer les bases de la physiologie et chasser pour jamais de l'horizon philosophique tant de fantômes et de nuages qui l'ont si longtemps obscurci.

[164n] Le fait fondamental des fonctions de relation est la *sensibilité*, c'est-à-dire la faculté générale par suite de laquelle les animaux reçoivent les impressions quelconques des choses.

La sensibilité est principalement localisée, concentrée, perfectionnée dans des appareils que l'on nomme *organes des sens*. Ces sens ou modes de la sensibilité sont au nombre de cinq : le toucher, le goût, l'odorat, l'ouïe ou audition et la vue.

Le *tact*, c'est-à-dire le mode de sensibilité qui donne le sentiment d'un contact avec un corps étranger ou avec une partie du corps même de l'animal, s'exerce par toute l'étendue de la peau, soit extérieure, qui est la peau proprement dite, soit des membranes analogues à la peau, qui revêtent toute l'étendue intérieure des cavités du corps, telles que la bouche, les fosses nasales [164a], etc., et que l'on nomme muqueuses. La structure de la peau et des muqueuses est compliquée; un grand nombre de petites houppes nerveuses aboutissent à leurs parois, et c'est par elles que le sentiment d'un attouchement est transmis au cerveau de l'animal. Mais ces houppes ner-

veuses sont très-inégalement réparties sur l'étendue de la peau et des muqueuses. Dans certaines parties elles sont beaucoup plus pressées; l'*épiderme* qui recouvre la peau est dans certaines parties beaucoup plus mince, et c'est là surtout que s'exerce la sensibilité tactile. Le toucher, considéré dans l'espèce humaine où il est extrêmement délicat, donne la notion des grandeurs, de la dureté, du degré de poli, du degré de chaleur, etc. Dans les animaux, et notamment chez le cheval, il est beaucoup moins parfait, parce que, chez l'homme, la main, qui sert aux appréciations dont nous venons de parler, est composée de parties mobiles indépendantes à leurs extrémités et riches en houppes nerveuses que recouvre à peine l'*épiderme*; tandis que chez le cheval toutes ces mêmes parties sont étroitement liées les unes aux autres et enfermées par leurs extrémités dans un grand ongle, un *sabot* de corne qui rend le toucher très-obtus. Mais d'autres parties du corps, notamment les lèvres, sont pour le cheval des organes du toucher assez sensibles.

Le sens du *goût* s'exerce par le contact des objets avec les parties de la muqueuse intestinale qui tapissent la bouche et l'arrière-bouche, et surtout par la langue. Il donne à l'animal le sentiment des *saveurs*, et ce sont encore des houppes nerveuses qui reçoivent dans la bouche et transmettent au cerveau le sentiment des *saveurs*.

Les émanations, les *odeurs*, sont perçues par l'*odorat*. Le siège de ce sens est dans les conduits respiratoires, qui, par les narines, mettent en communication l'arrière-bouche avec l'air extérieur. Les particules extrêmement ténues des odeurs affectent les houppes nerveuses de la *membrane pituitaire* qui tapisse les fosses nasales et

sont transmises au cerveau par les *nerfs olfactifs*.

L'*ouïe* fait connaître à l'animal les bruits, les sons, produits par les vibrations des corps [38]. L'appareil de l'ouïe est double, c'est-à-dire que deux organes semblables et symétriques aboutissent extérieurement aux deux oreilles de chaque côté de la tête. La complication de ces appareils est extrême; c'est tout un attirail de très-petits instruments fort délicats qui ont pour objet non-seulement de percevoir le son, mais de rendre l'ouïe plus distincte quand le son est faible et d'en amortir la violence quand il est trop fort. En résumé, l'oreille extérieure fait l'office de cornet pour recueillir le son et en augmenter l'intensité; un tambour intérieur, garni de membranes, vibre à l'unisson des bruits et des sons perçus, et les deux nerfs acoustiques transmettent au cerveau la sensation.

La *vue* fait percevoir à l'animal les modifications de la lumière [62] qui éclaire les corps ou en émane, et lui donne ainsi le moyen de connaître plus ou moins exactement, à une distance très-grande, la forme des corps, leur situation, leur état de repos ou de mouvement, etc.

L'organe de la vue est l'œil, et, comme l'oreille, il est double, c'est-à-dire que de chaque côté de la tête un œil semblable à l'autre est placé symétriquement. Ces appareils sont encore plus ingénieux qu'ils ne sont compliqués : ce sont deux véritables cabinets de physique. Il serait beaucoup trop long de les décrire (1). Ils sont contenus dans une chambre sphérique appelée *globe de l'œil*. Plusieurs muscles sont attachés à ces globes de manière à les mettre en mouvement à volonté dans les *orbites*; de sorte que l'animal peut, sans être toujours obligé

(1) Voyez les traités de physique élémentaire.

de remuer la tête, diriger ses regards vers les objets qu'il s'agit de reconnaître. Les nerfs optiques reçoivent l'image, l'impression, et la transmettent au cerveau. Les deux paupières s'ouvrent et se ferment à volonté, par le moyen de muscles, pour soustraire cet organe précieux et délicat à l'action perturbatrice d'une lumière trop vive ou aux chocs, même aux vents et aux poussières qui pourraient l'offenser. Plusieurs glandes, entre autres la *glande lacrymale* qui sécrète les larmes et empêche que l'œil se dessèche, concourent à l'accomplissement de la fonction.

En définitive, tous les sens, tous les modes de la sensibilité, sont des modifications du tact : le goût n'est autre chose que le tact des saveurs; l'odorat est le tact des odeurs; l'ouïe est le tact des vibrations sonores; la vue est le tact des vibrations lumineuses. La vue surtout est un véritable organe du toucher à distance. Ce toucher est beaucoup moins sûr et moins exact que le toucher par contact; mais sous beaucoup de rapports il lui est très-supérieur, et il donne à l'animal en chaque lieu, d'un seul regard sur ce qui l'entoure, une connaissance que dix ans d'efforts ne sauraient lui communiquer par le toucher.

[164o] On a vu que les nerfs du système cérébro-spinal [163a] interviennent dans tous les phénomènes de contractilité volontaire et de sensibilité. Il est nécessaire de détailler un peu leur constitution et de faire concevoir la manière dont ils interviennent.

Tout filament nerveux du système cérébro-spinal se compose de deux faisceaux distincts, quoique unis l'un à l'autre dans leur trajet à travers le corps. L'un des faisceaux est l'agent de la sensibilité; c'est lui qui com-

munique au cerveau les impressions venues du dehors. L'autre faisceau est l'agent de la contractilité volontaire; c'est lui qui communique aux muscles l'impulsion du cerveau. Chacun de ces faisceaux principaux se compose de toutes les fibres nerveuses, soit de sensibilité, soit de contractilité, qui se rendent à telles ou telles parties du corps. Chacune de ces fibres est un fil conducteur qui met en communication, soit de sensibilité, soit de contractilité, le cerveau et le point du corps où elle aboutit. Ces fibres ne se confondent jamais, quoiqu'elles se réunissent successivement pour former des faisceaux de plus en plus gros. Les fibres de la sensibilité naissent tout du long de la partie postérieure de la moelle épinière, c'est-à-dire du côté du dos. Les fibres de la contractilité naissent tout du long de la partie antérieure de la moelle épinière, c'est-à-dire du côté de la poitrine et de l'abdomen. Sur cela, des expériences multipliées n'ont laissé aucun doute. Si dans le nerf principal, d'où émanent toutes les ramifications nerveuses d'un membre, on tranche seulement le faisceau qui est l'agent de la sensibilité en laissant l'autre faisceau intact, le membre cesse de ressentir aucune sensation, soit de contact, soit de plaisir, soit de douleur; mais il continue à se mouvoir sous l'action de la volonté. Si, au contraire, on tranche le faisceau qui est l'agent de la contractilité en laissant intact l'autre faisceau, le membre ne peut plus se mouvoir sous l'action de la volonté; mais il continue d'être sensible aux contacts et aux impressions agréables ou douloureuses.

Les faisceaux nerveux de la sensibilité sont donc des agents de passivité générale. Les faisceaux nerveux de la contractilité sont donc des agents d'activité générale. Par les premiers, l'animal reçoit de tous ses organes des sen-

sations, des renseignements de toute sorte; par les seconds, il donne à ses organes des impulsions dont le motif remonte aux impressions qu'il a ainsi reçues.

Il résulte de ce grand fait organique que l'animal est passif avant d'être actif. Les conséquences de ce fait fondamental sont innombrables et seront montrées ailleurs.

Comment les odeurs, les saveurs, etc., se transforment-elles en sensations? Et qu'est-ce que la sensation? Ces questions qui se lient à beaucoup d'autres seront étudiées aux *Commencements de l'humanité*.

[164p] On sait que les organes des végétaux sont composés de cellules surajoutées les unes aux autres, et qu'à son début l'embryon, d'où doit sortir le végétal complet, n'est qu'un simple utricule. Et si, parvenu à un grand développement, le végétal complet présente beaucoup d'organes dans lesquels cette origine cellulaire est masquée par les effets du développement, qui ont aplati, allongé ces assemblages de cellules, et les ont transformées en fibres, en lamelles, en membranes, etc., l'origine cellulaire de tous les tissus végétaux n'est cependant pas douteuse.

Or, le premier état auquel apparaît l'embryon du cheval, c'est également un utricule très-petit, et nous avons vu que, de même, arrivés à leur développement complet, beaucoup de tissus révèlent leur origine cellulaire.

« Si nous cherchons dans l'embryon (animal) à assister
« à l'évolution des fibres élémentaires, nous voyons de
« la manière la plus manifeste qu'elles passent, en se con-
« stituant, par une phase commune : la phase vésicu-
« laire... On peut dire qu'il n'y a réellement qu'un seul
« élément anatomique, la cellule. » (BÉCLARD.)

Et pour que rien ne manque à l'analogie originale entre les tissus animaux et les tissus végétaux, ajoutons qu'on a observé des mouvements dans les liquides contenus par les cellules animales. Une différence générale très-importante entre les deux sortes de cellules paraît cependant résulter de l'ensemble des observations sur ce point : dans les végétaux, la circulation intra-cellulaire est régulière; elle consiste en un mouvement ascendant du liquide d'un côté de la cellule et en un mouvement descendant de l'autre côté [159c]; tandis que, dans les cellules animales, on n'a observé que des mouvements irréguliers du liquide intérieur.

Je termine ici cet aperçu des principaux organes et des principales fonctions d'un animal très-complet. Il s'en faut de beaucoup que cet aperçu suffise à faire bien connaître un tel organisme; il en fera seulement concevoir l'immense complication.

Nous ne pourrions d'ailleurs ébaucher l'histoire du développement des fœtus animaux sans entrer dans des détails qui ne seraient pas convenablement placés ici.

[165] Nous allons maintenant comparer rapidement une longue suite d'êtres, à partir des organismes les plus inférieurs jusqu'à l'animal complet.

J'avertis encore une fois le lecteur : il s'en faut de beaucoup que les espèces ni les genres dont je vais parler soient les seuls qui composent la population animale de notre globe; loin de là, car non-seulement cette population est encore bien moins complètement connue que la population végétale, mais elle est incomparablement plus riche en espèces. On évalue à 560,000 le nombre des

insectes vivant sur la terre et se nourrissant, pour la plupart, de végétaux. Rien que des scarabées, on en connaît 30,000! Peut-être le nombre des espèces animales de notre globe est-il mille fois plus grand que le nombre des espèces végétales. [162e]

Avant l'invention des microscopes, les animaux assez gros pour être vus par nos yeux étaient seuls connus. Les perfectionnements successifs de cet instrument ont fait découvrir la profondeur et l'étendue de la vie animale. Partout frémissante, elle s'est révélée sous des formes où la petitesse se résume en nombres non moins formidables que la masse des soleils. Si nos yeux acquéraient tout à coup la puissance d'un microscope, nous serions épouvantés de ce qui se passe autour de nous parmi ces corpuscules vivants d'une variété étrange, qui s'agitent sans cesse, se cherchent, se combattent et se dévorent.

Nous ne nous occuperons point beaucoup d'abord de ces nations innombrables d'infiniment petits êtres, ni de leurs œuvres, car ils font des œuvres énormes. Notre but général se rapproche, il nous appelle; nous y marcherons par les voies les plus rapides.

L'homme, qui se voit atome devant les soleils, se retrouve colosse devant ces petits êtres; d'un seul pas il franchit toute une patrie de leurs nations.

[163a] Dans l'eau contenant des débris de corps organisés végétaux ou animaux, on découvre, à l'aide du microscope, des êtres d'une petitesse extrême et de formes variées qu'on appelle *infusoires*. Les plus élémentaires, les *monades*, sont à peu près sphériques. D'autres sont allongés, de différentes formes; ils sont la plupart couverts de petits cils qui sont des organes de natation et se meuvent avec une grande rapidité. En général, ils parais-

sent renfermer plusieurs poches ou estomacs (1) qui semblent n'avoir pas d'ouverture extérieure, du moins dans la plupart des espèces. Beaucoup de naturalistes sont persuadés qu'ils se forment spontanément dans l'eau ; mais, en tous cas, une fois formés, ils se reproduisent par la division spontanée de leur corps. Chaque fragment devient un animal semblable à l'infusoire d'où il provient (2).

Un animal microscopique, l'*actinophrys*, étudié par Koelliker, quoique plus organisé que les monades, n'a cependant point d'estomac. Il est formé d'une substance gélatineuse très-contractile, sans tégument extérieur distinct. Sa surface est garnie de longs filaments au moyen desquels il saisit les jeunes animalcules plus petits que lui qui flottent à sa portée. Dès que l'un de ces filaments a touché une proie, il se contracte ; tous les autres filaments se portent aussitôt vers la victime, l'enveloppent et la pressent sur le corps de l'*actinophrys*, qui, au point de contact, se creuse, se contracte et engloutit la proie : les bords de cette cavité accidentelle se rejoignent et se ferment sur elle ; les parties solubles de l'animalcule englouti se dissolvent, et ses parties insolubles sont expulsées ensuite comme le tout était entré.

[163b] Les *spongiaires*, dans les premiers temps de leur vie, ressemblent à des infusoires. Comme eux ils se meuvent à l'aide de cils natatoires. Mais bientôt ils se fixent aux rochers sous-marins et deviennent immobiles. La

(1) C'est pourquoi on les appelle *polygastriques*.

(2) D'autres êtres microscopiques, d'une organisation beaucoup plus compliquée, sont également désignés sous le nom général d'*infusoires*. Nous en parlerons ailleurs.

substance gélatineuse de leur corps se crible de trous et de canaux où l'eau passe; ils se déforment, ils deviennent filamenteux en grandissant; ils se remplissent de granulations et de minces pierrailles calcaires ou siliceuses. Parmi les espèces de ce genre se trouve l'éponge, connue de tout le monde.

A certaines époques, des spongiaires se développent dans l'éponge; ils s'évadent par les trous, et, après une courte existence animale, ils ne tardent pas à devenir immobiles et à se développer de l'étrange manière que nous venons de dire.

Cette destinée des spongiaires inspire une sorte de terreur. En eux, les choses marchent à rebours.

A peine l'être doué de mouvement a-t-il manifesté la supériorité de son type *animal*, qu'une catastrophe subite le frappe d'immobilité, et aussitôt ce corps est en proie à un travail de dégradation proportionnel à son développement. Il retombe bien au-dessous de la plante; il ressemble à un paquet de filasse embrouillée, reste de la décomposition d'un végétal mort. Dans sa chute qui se continue, il descend encore plus bas; il tend à devenir pierre, il s'incruste de chaux, de silice, pas même cristallisée. C'est effrayant.

[165c] Les *polypes* sont des animaux mous et cylindriques. Ils n'ont qu'une ouverture qui sert à la fois à l'introduction des aliments et à l'expulsion des résidus de la digestion. Cette bouche-anus est entourée de *tentacules*, c'est-à-dire d'appendices contractiles qui servent à saisir les aliments. Elle est l'orifice d'une grande cavité intérieure, l'estomac. Ces animaux ne jouissent point de la locomotion, ils se fixent aux rochers par leur extrémité inférieure; leur tégument extérieur se transforme en une

enveloppe cornée ou calcaire. Cette enveloppe durcie forme ce qu'on nomme le *polypier* (fig. 21).

Les polypes se reproduisent la plupart non-seulement par des œufs d'où sortent des larves analogues aux infusoires, mais par une sorte de bourgeonnement; c'est-à-dire que sur certains points de leur surface il se développe de nouveaux individus qui y restent unis comme les ramifications d'une branche. C'est à cause de cette disposition et de leur implantation fixe, qui rappellent singulièrement les formes végétales, que ces êtres avaient reçu des anciens le nom de *zoophytes* (animaux-plantes).

Les polypiers des diverses espèces présentent des formes très-variées : tubes, cellules, etc. Dans les mers tempérées ou froides, ces polypiers sont cornés ou charnus. Ce n'est que dans les mers des zones les plus chaudes du globe que l'on rencontre des polypiers pierreux. Là, ils prennent un développement extraordinaire par la multiplication rapide des animaux qui les forment. Et quoiqu'ils aient seulement quelques centimètres de long, les générations de ces humbles ouvriers, en superposant leurs travaux, élèvent du fond des mers des remparts, des récifs énormes, des îles circulaires qui ont jusqu'à dix lieues de diamètre. O puissance des petits! O grandeur colossale de l'œuvre imperceptible continuée chaque jour!

C'est dans l'intérieur de certains polypiers qu'on trouve cette belle matière rouge employée en bijouterie sous le nom de *corail*.

Nos Françaises n'estiment guère ces parures; elles ont grand tort. Il est peu de femmes, surtout parmi celles qui sont très-brunes et celles qui sont très-blanches, auxquelles le corail ne prête un superbe éclat. Cette matière

est d'ailleurs très-abondante sur les côtes de l'Algérie, où elle fait vivre beaucoup de gens, et elle n'est point chère. Voilà bien des raisons pour engager les femmes françaises à rechercher les parures de corail.

Il existe dans les eaux douces quelques êtres analogues.

L'*hydre* ou *polype d'eau douce*, par exemple, est un animal presque microscopique, réduit à un petit tube gélatineux, muni d'un estomac, d'une bouche-anus et de tentacules filiformes.

Cette hydre étant coupée transversalement et longitudinalement, hachée en morceaux, chacun de ces morceaux ne tarde pas à devenir une hydre complète [165d].

[165d] Les *méduses* (fig. 22) sont des masses circulaires gélatineuses bleuâtres, qui flottent dans la mer et qu'on voit souvent échouées sur les grèves quand le flot se retire. L'organisation de ces êtres est encore réduite à un estomac, une bouche-anus et des tentacules. L'estomac, chez quelques-uns, n'a même point cette grande ouverture, il communique au dehors par de petits canaux qui aboutissent à des pores situés à l'extrémité des tentacules. Dans quelques espèces, un commencement de ramifications vasculaires concourt avec leur faculté ambulatoire pour leur faire assigner une certaine supériorité.

[165e] Chez les *astéries* ou *étoiles de mer* (fig. 23), ainsi nommées à cause de leur forme, l'estomac n'aboutit encore qu'à une bouche-anus, et il n'y a plus de longs tentacules autour de la bouche. Mais on trouve un appareil circulatoire plus développé que chez les précédents, et leur peau (1) très-résistante est pourvue de petits

(1) Cette peau, réduite à un tégument, est fort différente de celle des mammifères.

appendices rétractiles au moyen desquels l'étoile de mer rampe au fond de l'eau.

Une espèce d'étoile de mer (*luidia fragilissima*) est étrangement délicate : si on la touche du bout du doigt, elle se brise aussitôt en morceaux.

[163f] Les oursins (fig. 17), très-voisins des précédents par un caractère-type et par leurs appendices de reptation (1), sont enveloppés de toutes parts d'une sorte de carapace percée de trous par lesquels sortent et rentrent ces appendices. Ils ressemblent assez à une grosse châtaigne garnie encore de son enveloppe épineuse. Ici, la cavité digestive a la forme d'un tube ouvert à ses deux extrémités. Il y a donc une bouche et un anus distincts. La structure intérieure est plus compliquée, l'appareil circulatoire plus développé.

Si l'on compare ensemble le polype, la méduse, l'astérie et l'oursin, on leur voit un caractère-type commun à tous : ils sont organisés par rayonnement autour d'un axe central. Et en prenant pour point de départ une cellule élémentaire développée en tous sens par rayonnement, on peut en continuant par la pensée, ou même avec un crayon, ce développement rayonnant de diverses manières, construire chacun des êtres dont nous venons de parler.

Il ne nous paraît point certain d'ailleurs que ces êtres appartiennent à une seule série ; il est probable, au contraire, qu'ils sont tous ou presque tous des termes de séries différentes, issues peut-être d'un même type élémentaire développé dans des voies diverses.

Ces développements de l'organisation par rayonne-

(1) Du latin *reptare*, ramper.

ment, on le voit, n'arrivent pas à de brillants résultats. Le polype immobile, la méduse qui ballote dans l'eau plutôt qu'elle ne nage, l'étoile de mer avec sa bouche-anus, conduisent comme terme le plus élevé de tous à l'oursin, dont la supériorité consiste presque toute à ne plus manger par l'anus et à porter une carapace sphéroïdale qui le fait ressembler au fruit du châtaigner.

Il est à remarquer que, parmi ces êtres, le plus compliqué rampe, celui qui est au-dessous ballote, et le polype, moins compliqué encore, est fixé sur un corps étranger en conservant cependant la contractilité.

Or, la reptation de l'oursin est un mode inférieur de la marche.

Le ballottement de la méduse est un mode inférieur de la natation.

Il est à remarquer encore que, parmi ces organismes, celui qui ne peut poursuivre sa nourriture est doué de tentacules plus ou moins longs pour la saisir dans un certain espace autour de sa bouche. Parmi les méduses, qui par leur faculté ambulatoire peuvent se mettre plus facilement à portée de leur nourriture, les unes n'ont que de courts et gros tentacules; les autres possèdent en outre de longs tentacules filiformes; enfin, chez la plupart de ceux qui, comme l'étoile et l'oursin, peuvent se mouvoir vers la nourriture, il n'y a plus de tentacules préhensiles autour de la bouche. Il y a toujours des appendices, mais ils ont changé de fonction; au lieu de saisir la proie à distance et de l'apporter à une bouche immobile, ils transportent à distance, vers la proie, l'animal et sa bouche.

[165g] Un peu au-dessus de ces *rayonnés*, dans l'ordre de gradation organique, on trouve certains petits animaux (plumatelles, ascidies, etc.), auxquels nous ne

nous arrêterons guère. Leur canal digestif offre un ou plusieurs replis dans l'intérieur du corps; ils ont un foie; l'anus est placé près de la bouche, quoique distinct. Et tandis que chez les *rayonnés* il n'y a pas d'organe distinct pour la respiration qui s'effectue par toute la surface de l'être, ceux-ci (plumatelles, etc.) ont des organes respiratoires distincts. Ce ne sont point des poumons, car les poumons ne peuvent fonctionner que dans l'atmosphère, et les animaux dont nous parlons sont aquatiques : ce sont des *branchies*.

Les branchies présentent, chez les innombrables espèces aquatiques qui en sont pourvues, des variétés de disposition très-grandes; mais en général elles sont formées d'un réseau vasculaire, revêtu d'une membrane extrêmement mince, où le sang de l'animal circule et se modifie sous l'influence de l'oxygène contenu dans l'eau [158p], de la même manière qu'il se modifie dans les poumons sous l'influence de l'oxygène de l'air.

Quel est le point de départ de la série à laquelle appartiennent ces êtres (plumatelles, etc.)? Quel est son plus haut terme? Sont-ils des ambigus de séries voisines?... Dans l'état actuel de la science, on ne le saurait assurer.

[165h] *Mollusques*. Voici un type très-distinct et auquel se rapportent un très-grand nombre d'espèces formant plusieurs séries.

Gastéropodes (1). Ces animaux sont mous et gluants. L'un des termes inférieurs de cette série est la *limace*, dont il existe beaucoup de variétés (fig. 24, 25).

Ceux qui sont les plus voisins de la limace ont, comme elle, une tête garnie d'une bouche et de tentacules char-

(1) Marchant par le ventre.

nus, organes du tact. Ils n'ont point d'organe auditif. Lorsqu'ils ont des yeux, ces organes, dont la situation varie sur la tête ou sur les tentacules, sont très-simples et tout différents de l'œil des mammifères ; on ne sait point d'ailleurs comment la vision s'y effectue. La bouche est munie de lèvres contractiles, et quelquefois armée de dents cornées. Leur dos est garni d'une membrane épaisse que l'on nomme *manteau*. Leur ventre est porté sur une sorte de semelle charnue que l'on nomme *pied*, et qui règne sur toute la partie inférieure du corps. Cette semelle est contractile, et c'est par son moyen qu'ils s'avancent lentement à la surface du sol et des roches, ou des végétaux le long desquels ils rampent.

Ils ont un cœur rudimentaire, composé chez presque tous d'un ventricule et d'une oreillette. Leur système nerveux ne se compose que de quelques ganglions (164*b*).

Parmi ces animaux, les uns sont terrestres, les autres habitent l'eau douce, le plus grand nombre sont marins.

Ils ont des organes respiratoires ; aquatiques chez la plupart : ce sont alors des branchies ; aériens chez quelques-uns : ce sont alors des réseaux vasculaires dans lesquels l'air pénètre par des ouvertures placées au bord du manteau. Chez beaucoup d'espèces, le corps est roulé en spirale ; le manteau sécrète une matière cornée et calcaire qui forme une coquille dans laquelle se retire l'animal en cas de danger, et d'où il sort sa tête et son pied lorsqu'il veut se mouvoir. Tel est le colimaçon, véritable limace très-peu modifiée et revêtue d'une coquille (fig. 26). L'intestin et les autres viscères sont logés au sommet de la coquille et y restent toujours renfermés, même quand l'animal sort sa tête et son pied. L'anus est souvent tout près de la tête.

Beaucoup de coquillages sont des modifications de ce type.

[165i] Une modification très-importante est celle où l'animal n'a point de tête (*acéphales* (1)) : telle est l'*huitre*. Le corps est alors enveloppé entièrement par le manteau. La coquille n'est pas, comme dans les précédents, en spirale et d'une seule pièce; elle est composée de deux parties que l'on nomme *valves*, jointes par une charnière; les deux valves peuvent se fermer hermétiquement au moyen de muscles puissants. En général, l'appareil respiratoire est branchial; mais, dans certaines espèces, la respiration s'effectue simplement par les bords plus ou moins plissés du manteau.

Terminé à une bouche et à un anus distincts, l'intestin offre des circonvolutions et un foie, comme chez les gastéropodes. L'estomac est assez développé. Le cœur et le système nerveux sont composés à peu près comme chez les précédents.

La plupart de ces mollusques ne peuvent se déplacer que difficilement, soit à l'aide de leur pied qui est beaucoup plus imparfait que celui des gastéropodes, soit plutôt en refermant brusquement leur coquille et en frappant ainsi l'eau, ce qui leur procure un mouvement de recul. Ils vivent presque immobiles au fond de l'eau; beaucoup d'espèces même se fixent aux rochers.

C'est dans les coquilles de plusieurs sortes d'*acéphales* que l'on trouve les *perles*.

Les plus belles viennent des mers de l'Inde et sont fournies par une grande huitre. L'huitre ordinaire de nos côtes en donne quelquefois d'assez grosses, et l'on en

(1) Sans tête.

trouve aussi chez plusieurs bivalves d'eau douce, entre autres dans les moules de la Vierte, en Belgique.

On a reconnu que cette production, qui est de la même nature que la matière nacrée dont est garni l'intérieur de ces coquillages, est due à la présence d'une très-petite larve d'insecte parasite qui, irritant les téguments du mollusque, lui fait sécréter [163*b*] cette matière nacrée dont il entoure le parasite.

[165*j*] Certains mollusques (*ptéropodes* (1)), ne sont pas conformés pour ramper, mais pour nager; ils ont de chaque côté du cou une nageoire en forme d'aile. D'autres (*brachiopodes*) ont de longs bras en spirale. etc.

[165*k*] Nous arrivons au groupe des êtres les plus parfaits de ce genre et dont le *poulpe* (fig. 27) est le type. La tête est placée entre le tronc et les bras ou tentacules qui servent également à la préhension et à la locomotion. De là vient leur nom générique : *céphalopodes* (2).

Cette tête est ronde et munie de gros yeux très-analogues à ceux des mammifères. Elle est armée de deux mandibules tranchantes qui ressemblent à un bec de perroquet.

Tous aquatiques, ils respirent par des branchies, et leur corps est enveloppé par le manteau qui a la forme d'un sac sphéroïdal plus ou moins allongé.

L'appareil digestif est très-compiqué : ils ont des glandes salivaires, plusieurs estomacs, un foie volumineux. Beaucoup de ces animaux sont munis d'une poche où s'amasse une sécrétion noire que l'on nomme *encre*. Lorsqu'ils sont poursuivis par les poissons qui les dé-

(1) Marchant avec des ailes.

(2) Marchant par la tête.

vorent, ils lancent cette encre, troublent ainsi l'eau et s'échappent (1).

Un cartilage intérieur soutient leur tête, et chez quelques espèces une sorte d'os intérieur soutient l'abdomen. Le système nerveux est beaucoup plus développé que dans les groupes qui précèdent. Tous ces animaux sont marins et très-voraces.

Leurs bras sont garnis de suçoirs ou ventouses au moyen desquels ils s'attachent fortement à leurs proies. Plusieurs ont un appareil auditif réduit à un sac membraneux muni d'un nerf.

Cette série (peut-être y a-t-il plusieurs séries) où figure la limace et qui est caractérisée par un manteau, s'arrête donc au *poulpe*. Dans cette voie, le développement organique ne s'est donc pas élevé bien haut.

Cependant, nous voyons apparaître chez ces êtres des organes de relation assez perfectionnés, tentacules, yeux, en nombre pair de chaque côté de la tête, et une ligne médiane, souvent contournée, il est vrai.

Nous voyons que ceux des êtres de cette série dont les parties solides sont placées à l'extérieur forment la grande majorité. Et le petit nombre de ceux qui ont quelques rudiments de parties solides à l'intérieur, poulpe, seiche, sont les plus parfaits de la série.

Il est remarquable que les acéphales, plus organisés que la limace, sous ce rapport qu'ils ont des parties solides extérieures : leur coquille, composée de deux valves mobiles l'une sur l'autre, et par conséquent plus organisée que la coquille spirale des univalves, présentent

(1) La *sépia*, employée en peinture, est l'encre d'une espèce de ce genre, appelée *seiche* en français, et *sépia* en italien.

cette grande infériorité de n'avoir point de tête et d'être en cela inférieurs à la limace. Le développement qui n'a pas porté sur la tête absente a porté sur les parties solides extérieures.

Certains céphalopodes, tels que *l'argonaute* et *le nautilus*, habitent des coquilles univalves. Mais on croit que leur coquille est celle d'un mollusque gastéropode dans laquelle ils se logent à l'état de larve, et où ils se développent après avoir dévoré le gastéropode.

Les mollusques naissent d'œufs et ne se multiplient pas par bourgeon comme les zoophytes.

Enfin, le sang des mollusques est incolore ou légèrement bleuâtre.

[165L] *Animaux annelés*. — Nous arrivons à un être infime, dont le nom est dans toutes les langues un terme de mépris : le ver. Or, le ver semble être un des termes inférieurs de toutes les séries animales que nous reconnaitrons désormais.

On donne le nom générique de *ver* à tout animal allongé, mou, et divisé par des replis circulaires du tégument extérieur en un nombre variable d'anneaux plus ou moins distincts. Beaucoup n'ont point de tête, mais la plupart en ont une.

Un grand nombre d'animaux de cette forme portent au bord de chaque anneau des soies courtes et raides qui leur servent d'organes de locomotion. Tels sont les *lombrics* ou *vers de terre* (fig. 28).

Chez d'autres, l'organisme est plus perfectionné ; les soies de locomotion sont localisées de chaque côté du corps, à chaque anneau, sur des tubercules charnus, et forment ainsi des pieds. Telle est la *néreïde* (fig. 30).

Souvent il existe deux de ces organes de chaque côté

de chaque anneau, de sorte que chaque anneau en porte quatre : deux supérieurs, deux inférieurs.

Chez d'autres, tels que les sangsues, il n'y a pas de soies, mais il existe aux extrémités du corps des ventouses par lesquelles l'animal s'attache aux objets et peut se mouvoir.

Leur système nerveux est peu développé; ce n'est qu'une chaîne, simple ou double, de petits ganglions qui s'étend d'un bout à l'autre de leur corps.

Chez les espèces qui ont une tête, on voit cette tête garnie de petites soies ou *antennes* qui paraissent être les organes du tact; la plupart sont munies de petites taches que l'on croit être des yeux.

La bouche est placée à la face inférieure de la tête, ou à l'extrémité antérieure du corps lorsqu'il n'y a point de tête. Elle est, dans beaucoup d'espèces, armée d'une trompe ou de mâchoires cornées.

L'intestin est droit; l'anus est placé à l'extrémité postérieure du corps.

Le sang est ordinairement rouge; quelquefois il est vert, ou incolore.

Le système circulatoire varie, mais il est compliqué; dans l'ensemble des vaisseaux, les uns sont contractiles et tiennent lieu de cœur, les autres jouent le rôle d'artères et de veines.

La respiration est quelquefois aérienne, mais d'ordinaire elle est aquatique et s'effectue par des branchies dont la disposition varie beaucoup selon les espèces.

La plupart de ces animaux sont marins : tels *l'arénicole*, (fig. 29) etc. ; quelques-uns vivent dans l'eau douce : telles les *sangsues*; d'autres sont terrestres : les *lombrics*.

Ces derniers offrent cette remarquable particularité,

que si l'on coupe transversalement leur corps en deux ou plusieurs tronçons, les extrémités de ces tronçons ne tardent pas à se cicatriser, et chacun d'eux devient bientôt un lombric complet ; mais si on coupe le ver longitudinalement, les diverses parties ainsi séparées meurent aussitôt [165c].

[165m] *Animaux articulés*. — Les millepieds ou millepattes (*myriapodes*) (fig. 31) sont des animaux très-intéressants, parce qu'ils sont des intermédiaires entre les vers et les insectes.

Leur corps, très-allongé, est divisé nettement en un grand nombre d'anneaux qui ont une certaine solidité. Ces anneaux solides sont joints les uns aux autres de manière à former des articulations mobiles.

Chaque anneau porte au moins une paire de pattes articulées qui se terminent par un crochet, et ces pattes sont au nombre de vingt-quatre paires au moins.

Ainsi, les nombreuses soies de locomotion des vers sont ici devenues des organes bien définis, où le nombre a diminué, mais où l'organisation s'est perfectionnée ; de sorte que ces organes de locomotion, bien moins nombreux que les soies des vers, sont, en revanche, beaucoup mieux aptes à remplir leur fonction.

De même, la peau du ver, en se durcissant, est ici devenue l'anneau articulé et forme un squelette extérieur plus organisé que les carapaces et les coquilles de rayonnés et de mollusques.

Les millepieds ont une tête garnie de deux petites antennes et de deux yeux. Ici encore, le nombre des organes a diminué : il n'y a plus un grand nombre de soies servant d'antennes, comme chez certains vers, les plus complets ; mais il y a deux vraies antennes articulées.

Leur corps est composé d'un nombre d'anneaux variable, et il ne présente pas de démarcation entre le thorax et l'abdomen qui sont ainsi confondus.

Il existe de chaque côté de leur corps de petites ouvertures, appelées *stigmates*, par lesquelles l'air pénètre dans leurs organes respiratoires.

Ces organes respiratoires sont des *trachées*, c'est-à-dire des tubes extrêmement ramifiés dans l'intérieur du corps et d'une structure compliquée. La partie essentielle dans cette structure est un filament cartilagineux enroulé en spirale, comme un élastique de bretelle.

C'est dans cet appareil de tubes ramifiés, où l'air circule, que s'accomplit la respiration des *scolopendres*, des *iules* (fig. 31), et de tous ces animaux que l'on appelle vulgairement millepattes.

Ces animaux ne sont pas tout à fait, à leur naissance, ce qu'ils seront plus tard ; ils éprouvent dans leur jeune âge des *métamorphoses*, c'est-à-dire des changements, des perfectionnements de structure. Ces changements consistent en une formation de nouveaux anneaux et en une augmentation correspondante du nombre des pattes.

[165n] Les *insectes* sont des animaux articulés, c'est-à-dire composés, comme les millepattes, d'anneaux solides formés par le tégument extérieur plus ou moins durci.

Leur corps est composé d'une tête, d'un thorax et d'un abdomen distincts ; ils ont trois paires de pattes ; ils respirent par des trachées ; presque tous sont pourvus d'ailes, et presque tous subissent des métamorphoses dans le jeune âge.

Ces métamorphoses nous enseignent chaque jour tout un chapitre de la genèse universelle. Elles nous montrent le passage du ver à l'animal complet.

En effet, presque tous ces animaux commencent par être des sortes de vers, soit qu'ils naissent d'un œuf, ce qui est le cas général, soit qu'ils sortent de l'insecte parfait à cet état vermiforme.

Ces sortes de vers sont nommés larves, pour les distinguer des animaux annelés qui demeurent toujours à l'état de ver.

Depuis la larve sans aucun appendice, telle que celle de l'abeille, jusqu'aux larves garnies de soie, comme certains vers annelés, ou munies de pédoncules soyeux, comme certains autres, on trouve parmi les larves des insectes la plupart des formes que l'on peut observer chez les véritables vers. Quant à celles que l'on dit être munies de pieds, comme les chenilles, il faut bien remarquer que ces pieds sont seulement des pédoncules sans aucune ressemblance avec les pattes du papillon qui doit en provenir.

Après un certain temps de cette existence inférieure (temps qui varie beaucoup selon les espèces), les larves subissent des métamorphoses, des perfectionnements de structure, qui les élèvent beaucoup dans la série organique.

En général, les insectes passent par trois états : état vermiforme ou de *larve* ; état de *nymphe* ; état d'*insecte parfait*.

Le corps de ceux qui doivent subir de grands changements est allongé, mou, divisé en anneaux mobiles, dont le nombre normal est de treize, avec ou sans pattes, avec des yeux et des mandibules ou mâchoires. Mais presque toujours ces pattes, ces yeux et ces mâchoires n'ont aucune ressemblance avec ce qui existera par la suite chez l'insecte parfait.

Donc, après un certain temps de cette existence, pendant lequel elle subit plusieurs *mues*, c'est-à-dire plusieurs changements de peau, la larve se transforme en *nymphé*.

Pendant cette période, elle demeure immobile et ne prend aucune nourriture. Les unes restent alors enfermées dans la peau dont elles viennent de se dépouiller; les autres, et telles sont les nymphes des papillons ou *chrysalides*, sont recouvertes d'une pellicule dont elles sont emmaillottées. Avant de passer à l'état de nymphé, beaucoup de larves se préparent une demeure : c'est un cocon de soie, ou un trou dans la terre, dans la pierre ou dans le bois; d'autres se suspendent par des fils, ou replient par des fils autour d'elles une feuille d'un végétal; d'autres restent enfoncées dans les matières qu'elles ont habitées à l'état de larve : telle est la nymphé de la mouche des cadavres (*asticot*).

Pendant cette période d'immobilité, l'animal subit un travail intérieur; l'organisme est refondu, profondément modifié. Des organes anciens s'atrophient; des organes nouveaux se forment; d'autres se perfectionnent. Enfin, quand le développement est achevé, il brise ses enveloppes et sort. Ses ailes, d'abord humides, ne tardent pas à devenir solides. Alors il prend son vol; il est insecte parfait.

Certains insectes ne subissent que de demi-métamorphoses. Chez ceux-ci, la larve ne se distingue guère de l'insecte parfait que par l'absence des ailes; telles sont les *sauterelles* et les *éphémères*.

D'autres insectes, quoique passant par les trois états, n'arrivent jamais à posséder des ailes : telle est la *puce*.

D'autres espèces enfin, en petit nombre relativement,

ne subissent pas de métamorphoses et naissent avec tous les organes dont ils doivent être pourvus : tels sont les *pous*.

Le corps de l'insecte parfait se compose d'un certain nombre d'anneaux placés bout à bout. Les membres sont de même que le corps composés de tubes ou de lames solides placés bout à bout, et renfermant dans leur intérieur les muscles et les ligaments qui servent à les faire mouvoir. Ici, le squelette extérieur est devenu très-complet.

La tête, formée d'un seul tronçon ou anneau, porte les yeux, les antennes et la bouche avec ses appendices : trompes, scies ou mâchoires, variables selon les espèces. La conformation des antennes varie beaucoup. On présume que ce sont des organes d'audition en même temps que de tact.

La partie moyenne du corps ou thorax, toujours formée de trois anneaux ordinairement soudés ensemble, porte les pattes et les ailes. La conformation des unes et des autres varie extrêmement. Mais tandis que les pattes sont toujours au nombre de trois paires, chaque anneau portant une paire de pattes, les ailes sont au nombre tantôt de deux paires (papillons (fig. 35), scarabées, abeilles, bourdons (fig. 34), etc.), tantôt d'une seule paire (mouche, taon (fig. 33), etc.). Des trois anneaux qui forment le thorax, le premier ne porte jamais d'ailes; le second et le troisième peuvent porter chacun une seule paire d'ailes. Mais il arrive souvent que l'un ou l'autre de ces deux derniers anneaux ne porte point d'ailes.

Chez beaucoup d'insectes, les pattes ne peuvent être mouillées par l'eau; lorsqu'elles s'appuient sur la surface du liquide, elles y causent des dépressions qui pla-

cent l'insecte dans les mêmes conditions d'équilibre qu'une aiguille à coudre enduite de graisse (35).

Les ailes des insectes sont en général composées de deux membranes juxtaposées et soutenues par des nervures ramifiées assez solides.

Souvent les quatre ailes membraneuses sont transparentes, comme chez les abeilles; souvent aussi elles sont garnies de petites écailles colorées, comme chez les papillons. Chez d'autres insectes, les deux ailes supérieures sont épaisses, dures, opaques, et forment des boucliers nommés *élytres*. A l'état de repos, les élytres recouvrent les deux ailes inférieures qui sont toujours membraneuses. Tels sont les *scarabées* (fig. 36), *hannetons*, *cerfs-volants*, etc., etc.

Lorsque ce sont les ailes inférieures qui manquent, elles sont souvent remplacées par deux petits filets terminés en massue, et que l'on nomme *balanciers*. Ces balanciers sont très-visibles sur la *mouche* des maisons.

L'abdomen des insectes est composé d'anneaux plus ou moins solides, unis par des portions molles de la peau, de manière à être mobiles les uns sur les autres, et dont le nombre varie selon les espèces. Chez l'insecte parfait, il s'en trouve souvent jusqu'à neuf. Ces anneaux ne portent jamais ni pattes ni ailes, mais fréquemment des soies.

Les anneaux qui terminent l'abdomen et le corps portent presque toujours des appendices destinés à divers usages : stylets, crochets, pinces, dards, etc.

Les insectes ont des sens très-développés; ils jouissent de l'ouïe, de l'odorat, du goût et de la vue, sans qu'on connaisse bien chez eux la conformation des organes de ces sens.

Leurs yeux sont très-différents de ceux des mammifères; ils sont formés par des milliers de petits yeux serrés les uns contre les autres. C'est pourquoi on leur a donné le nom d'*yeux à facettes*. Presque tous les insectes sont pourvus de deux de ces yeux composés. On ne sait pas comment fonctionnent ces organes.

Leur système nerveux se compose principalement d'une double série de ganglions réunis entre eux par des cordons longitudinaux.

Le canal digestif est en général assez compliqué. Il n'existe point de foie, mais des tubes biliaires. Ces vaisseaux tiennent aussi lieu de reins, car il s'y forme de l'acide urique [164i].

La nourriture des insectes est variable. Les uns vivent du suc des plantes ou des animaux; les autres sont carnivores, etc.

Leur sang est aqueux et incolore; il n'est pas contenu dans des vaisseaux, il est répandu dans les interstices des organes. Il n'y a point de cœur ni de circulation régulière; mais il y a cependant des organes intérieurs contractiles et des courants rapides, mais partiels.

La respiration des insectes est très-active, eu égard à leur volume, ils consomment beaucoup d'air; elle se fait par des trachées, ainsi que nous l'avons déjà dit, et on croit que l'air s'y renouvelle par les mouvements de contraction et de dilatation de l'abdomen.

En général, les insectes produisent peu de chaleur; cependant, en certains cas, ils en développent une quantité notable. C'est ce qui a lieu, par exemple, lorsque les abeilles s'appêtent à *essémer*, c'est-à-dire lorsqu'un *essaim* va quitter la ruche.

Plusieurs insectes sont lumineux la nuit : tel est le

lampyre ou ver luisant de France, dont la femelle (fig. 32), qui ne vole point, est seule lumineuse; tandis que le mâle, qui est ailé, n'est point lumineux. Chez une autre espèce très-répan due dans les Ardennes, tous les individus ailés sont lumineux.

On ignore la cause de cette phosphorescence des insectes, dont l'intensité varie souvent en une minute et paraît soumise jusqu'à un certain point à l'action de leur volonté. Cependant, elle persiste assez longtemps après que l'animal est mort. Nous l'avons souvent vérifié en coupant avec des ciseaux l'extrémité de l'abdomen qui porte cette lueur chez la luciole ardennaise (1).

(1) Le bois mort et les poissons à un certain état de putréfaction deviennent souvent lumineux. Mais j'ai eu occasion de voir que des végétaux vivants peuvent aussi devenir phosphorescents.

C'était en 1856, par une nuit de la fin de juillet, très-chaude et sombre. Le ciel était couvert de nuages orageux. Vers minuit, je montais une petite côte de l'Ardenne, qui conduit à la fange située entre Houffalize et Wibrin. (On appelle *fanges* ou *fagnes*, en Ardenne, les terres incultes, couvertes de genêts et de bruyères).

Arrivé sur le plateau, mon étonnement fut extrême en voyant de toutes parts la fange phosphorescente. De toutes les vieilles tiges des genêts et des bruyères, et de la plupart des rameaux, émanait une lumière bleuâtre. Une voiture pleine de genêts, le long du sentier, était aussi phosphorescente dans plusieurs de ses parties, ainsi que les fagots qu'elle contenait. Ces lueurs avaient quelque chose de morne et de sinistre. Il semblait que cette lumière n'éclairait pas, ne rayonnait pas. Cependant, en approchant une lettre d'un gros fragment de genêt, je pus en distinguer l'adresse. Au milieu de tous ces balais enchantés, je m'attendais presque à voir apparaître des sorcières.

J'emportai avec moi plusieurs tiges, et, arrivé à l'auberge avant le jour, je les vis continuer à répandre cette même lueur immobile dans ma chambre, jusqu'au moment où je m'endormis.

Le lendemain, j'allai au soir dans la lande, et je ne revis rien de semblable. Les tiges que j'avais apportées n'éclairaient plus.

Constatons : 1° que dans cette classe où les parties solides sont extérieures, la ligne médiane [164e] est décidément droite (1); 2° que les insectes offrent des séries complètes de développement organique, depuis l'état vésiculaire ou d'œuf jusqu'à l'animal très-organisé, ayant tête, thorax et abdomen, avec des ailes, des pattes, des antennes, etc., muni de sens très-parfaits, et d'intelligence, et d'instincts très-merveilleux. Nous y reviendrons dans l'introduction aux *Commencements de l'humanité*.

[165o] La série parmi les insectes, comme dans toutes les classes d'êtres, mais mieux et plus clairement qu'ailleurs, se présente sous deux aspects : 1° Si l'on compare tous les insectes ensemble, n'importe sous quel rapport, on en voit de beaucoup plus composés que les autres. Ainsi, la puce sans ailes, le taon avec deux ailes sans balanciers, la mouche commune avec deux ailes supérieures et deux balanciers qui remplacent les ailes inférieures, le papillon avec quatre ailes membraneuses, le scarabée avec deux ailes inférieures membraneuses et deux élytres supérieures protectrices, forment une série d'êtres de plus en plus organisés sous le rapport des ailes. 2° Si l'on considère une espèce quelconque, l'abeille, par exemple, on voit toute une série organique se développer dans le même être, qui est d'abord œuf, puis larve, puis nymphe, puis insecte parfait.

Mais en les comparant aux vers proprement dits, ces êtres, dont l'organisme est si compliqué, présentent cependant une infériorité. Tandis que le ver est doué d'un

(1) Dans toutes les séries animales que nous verrons désormais, la ligne médiane, quoique souvent repliée, est toujours contenue dans le même plan.

système vasculaire circulatoire très-remarquable, l'insecte n'a, pour ainsi dire, point de vaisseaux circulatoires. Il semble que l'être-*ver* n'a gagné ce qui constitue l'insecte qu'en perdant tout un appareil organique de la plus haute importance. Reste à savoir si, en général, la larve est mieux douée que l'insecte parfait sous le rapport vasculaire.

[165*p*] Les *arachnides* sont des animaux articulés très-intéressants, parce qu'ils forment une série, non plus *ascendante* comme les insectes, mais *latérale*, si je puis ainsi dire, en ce sens que sous beaucoup de rapports ils sont intermédiaires entre les insectes et les crustacés.

Les arachnides (fig. 37, 38), comme les myriapodes [165*m*], ont le corps composé de deux parties seulement; mais tandis que chez les myriapodes la tête est distincte et le thorax confondu avec l'abdomen, chez les arachnides c'est l'abdomen qui est distinct et le thorax confondu avec la tête. Aussi appelle-t-on cette partie de leur corps *céphalo-thorax*.

Ces animaux ont quatre paires de pattes fort semblables à celles des insectes, et attachées au céphalo-thorax; ils n'ont point d'antennes et point d'ailes. — Voilà les caractères généraux, communs à tous.

Mais il y a trois divisions principales de ces êtres :

1° Les *faucheurs*, par exemple : chez ceux-ci, l'abdomen est une masse globulaire molle sans divisions annulaires. La respiration se fait par des trachées semblables à celles des insectes, et, comme chez les insectes, l'appareil de la circulation est très-imparfait; enfin ils n'ont que deux ou quatre yeux;

Les *araignées* proprement dites (l'araignée de jardin, par exemple) (fig. 37) : chez celles-ci encore, l'abdomen

est une masse globulaire molle sans divisions annulaires. La respiration est également aérienne; mais elle se fait dans des poches abdominales remplies d'une multitude de lamelles membraneuses. C'est une sorte de branchies, quoiqu'on les appelle *sacs pulmonaires*. Chez ces animaux, l'appareil circulatoire est fort développé; ils ont une sorte de cœur. Enfin, ils ont ordinairement huit yeux simples et placés comme dans les faucheurs, sur le devant du céphalothorax;

3° Les *scorpions* (fig. 38). Ici l'abdomen est allongé et composé de plusieurs anneaux solides comme chez les crustacés. La respiration et la circulation se font comme chez les araignées; mais il y a un foie comme chez la plupart des crustacés, tandis que chez les autres arachnides il y a seulement des tubes biliaires analogues à ceux des insectes. Et les crochets mandibulaires simples des araignées, avec leurs organes de préhension appelés palpes, sont ici réunis, complétés et devenus des bras articulés et terminés par des pinces semblables à celles des crustacés.

De plus, dans cette série essentiellement ambiguë, on trouve des espèces qui possèdent à la fois des trachées et des sacs pulmonaires.

Enfin, dernière analogie générale avec les crustacés, lorsqu'une patte d'une arachnide se casse, la patte se reproduit, se développe et redevient semblable à celle qui avait été cassée.

On conçoit que le système nerveux doit varier dans toutes ces espèces.

Les arachnides sont tous carnivores et, la plupart, insectivores (mangeurs d'insectes). Leur canal digestif est, en conséquence, assez simple. Leur sang est blanc. Ils sont munis d'un petit appareil venimeux aboutissant

près de l'extrémité des crochets des mandibules, et destiné à paralyser promptement la défense de leurs victimes souvent plus grosses qu'eux. Chez le scorpion, cet appareil est situé à l'extrémité de l'abdomen qui se termine par un dard crochu.

Les arachnides, comme les insectes, ont les sexes distincts et pondent des œufs. Tous subissent plusieurs mues avant d'être *adultes*, c'est-à-dire parvenus à leur développement complet. Quelques espèces subissent une certaine métamorphose, car, n'ayant d'abord que trois paires de pattes, ils en acquièrent une quatrième.

L'appareil qui sécrète la soie dont un grand nombre de ces animaux construisent leurs *toiles*, est situé dans la partie postérieure de l'abdomen. La matière sécrétée est visqueuse comme celle dont le ver à soie file son cocon et, de même, elle sèche promptement à l'air. On a calculé qu'en réunissant 10,000 fils de certaines araignées, on n'arriverait pas à former un faisceau de la grosseur d'un cheveu. Cependant, certaines espèces des pays chauds sont très-grandes et construisent des toiles assez fortes pour arrêter des oiseaux.

Nous parlerons ailleurs de leurs instincts remarquables.

[165q] Les *crustacés* sont des animaux articulés, composés d'anneaux plus ou moins distincts, doués d'un appareil circulatoire, et qui forment une série ascendante très-étendue, c'est-à-dire où les gradations organiques sont très-nombreuses. Ces gradations peuvent y être observées sous divers aspects, par exemple, relativement à la forme du corps ou à la nature des organes respiratoires.

Il n'est pas douteux que cette série a pour terme infé-

rieur l'animal vermiforme ; et même le passage du ver au crustacé est tellement gradué, que certains naturalistes rangent parmi les vers des animaux que la plupart des savants s'accordent à considérer comme crustacés.

Un crustacé connu de tout le monde, le *cloporte* (fig. 40), présente une forme extérieure assez voisine, au premier abord, de la forme du myriapode *iule* (fig. 31), qui est évidemment très-voisin du ver.

Chez le cloporte, on voit une tête distincte garnie d'yeux et d'antennes, suivie d'un long et large thorax composé de sept anneaux assez semblables et portant chacun une paire de pattes. L'abdomen, beaucoup plus petit que le thorax, se compose aussi de sept anneaux qui ne portent point de pattes.

Cette structure : thorax en sept anneaux et un seul anneau pour la tête, est très-générale chez les crustacés, quoiqu'elle soit souvent déguisée. Ainsi, chez les crabes, le thorax et la tête paraissent unis sous un vaste bouclier que l'on nomme carapace. Cependant, il est démontré qu'au fond la structure est la même que chez le cloporte, et que ce bouclier est produit par le développement extrême de l'un des anneaux qui a recouvert tous les autres.

Chez les écrevisses, les homards, les langoustes (fig. 39), les crevettes, etc., l'abdomen est fort développé. Chez les crabes (fig. 41), il n'a que de très-petites dimensions et il est replié sous le thorax. En général, l'abdomen est beaucoup plus développé chez les crustacés nageurs, écrevisses, homards, etc., que chez les crustacés marcheurs, cloportes, crabes, etc.

Il résulte d'observations faites au laboratoire de pisci-

culture de M. Guillou, maître pilote à Concarneau, que les langoustes, et probablement beaucoup d'autres crustacés, tous peut-être, passent par un état de *larves diaphanes* d'une configuration singulière, avant de parvenir à l'état parfait.

[165r] Les pattes, au nombre de sept paires chez les cloportes, les crevettes des ruisseaux, etc., ne sont qu'au nombre de cinq paires chez les écrevisses, homards, crabes, etc., mais les deux paires de membres antérieurs, qui étaient des pattes chez le cloporte, etc., sont devenues chez l'écrevisse, etc., des espèces de mâchoires.

Ces appendices thoraciques du type crustacé montrent d'ailleurs dans les diverses espèces une série complète de transformations. Chez les unes, ils ne sont propres qu'à la natation ; chez d'autres, à la marche seulement ; chez d'autres, ils sont propres à la marche et à fouiller la terre ; chez d'autres, à la marche et à pincer ou à saisir les objets. Il existe même aux îles Moluques une espèce de crustacé, la *limule*, chez laquelle six paires de pattes, qui entourent la bouche, servent à la fois de mâchoires par leurs bases et de pattes par leurs extrémités.

Les crustacés ont, d'ordinaire, deux paires d'antennes. Les yeux, assez analogues à ceux des insectes, sont quelquefois simples, mais en général composés ; et dans les espèces les plus parfaites, ils sont portés sur des pédoncules mobiles.

Un grand nombre de crustacés ont un appareil d'audition très-bien connu et situé à la base des antennes. Mais on ne connaît pas leurs organes de l'odorat et du goût.

Chez quelques crustacés, la bile est sécrétée par des

vaisseaux biliaires (analogie avec les insectes) ; mais, en général, il existe un foie volumineux divisé en plusieurs lobes et composé de petits tubes terminés en cul-de-sac.

Le canal digestif est d'ordinaire assez compliqué. Le sang est incolore, ou teint en bleu ou en lilas. Le cœur n'est composé que d'une cavité, et, chose remarquable, l'appareil artériel y est assez complet ; tandis que les veines sont très-incomplètes et ne sont guère autre chose, comme chez les insectes, que les interstices des organes intérieurs.

[163s] Les crustacés sont presque tous aquatiques, et pour le plus grand nombre des espèces, la respiration est branchiale. Néanmoins, c'est sous le rapport des organes respiratoires que ces animaux offrent les gradations les plus nombreuses.

Chez quelques espèces, les branchies manquent et la respiration se fait par la peau des pattes.

La crevette des ruisseaux respire par des vésicules membraneuses situées à la base des pattes.

Les cloportes respirent par de fausses pattes ou appendices foliacés cachés sous l'abdomen.

Les squilles ont des branchies flottantes à l'extérieur de ces mêmes appendices abdominaux.

Les écrevisses, les crabes, les homards, les langoustes, et généralement les espèces les plus parfaites, ont des branchies de structures très-diverses et situées sous la carapace thoracique.

Enfin, chez une espèce, le crabe de terre, qui ne vit qu'à l'air et s'asphyxie dans l'eau, on trouve cependant des branchies ; mais un appareil spécial y entretient l'humidité et protège ces organes contre le dessèchement, qui les rendrait impropres à leur fonction.

[165*t*] Les crustacés n'ont point de squelette intérieur, mais leurs téguments extérieurs sont en général très-solides et leur forment un squelette extérieur. Ceux des espèces les plus parfaites, crabes, écrevisses, etc., renferment une forte proportion de carbonate de chaux, qui leur donne une grande dureté. A certaines époques, cette enveloppe se détache, et bientôt le tégument nouveau, d'abord très-mou, s'incruste de carbonate et parvient à la consistance qu'il doit avoir.

La coquille calcaire des mollusques ne tombe à aucune époque de la vie, parce que l'animal, à mesure qu'il se développe, allonge le tour de spire et sa grandeur, si c'est un univalve, ou bien augmente par leurs bords l'étendue des deux valves, si c'est un bivalve. Mais le crustacé, enveloppé dans sa carapace, ne peut se développer et augmenter de volume qu'en sortant de cette carapace pour s'en former une plus grande à mesure qu'il grandit.

Ajoutons que les crustacés ont les sexes distincts et sont tous ovipares ;

Et que certains crustacés contenus dans une sorte de coquille à deux valves paraissent comme des ambigus du crustacé et du mollusque.

[165*u*] Il existe d'ailleurs des animaux, l'*anatifé*, la *balane* ou *gland de mer*, qui partagent beaucoup plus les caractères des mollusques et des crustacés.

Dans leur jeune âge, ces êtres, qui sont tous marins, nagent librement et ressemblent à certains crustacés inférieurs. Mais bientôt ils se fixent pour toujours aux rochers, ou à tout autre corps plongé sous l'eau de mer, et changent de forme. Leur corps, articulé, adhère par le dos, et est alors renfermé dans une sorte de coquille

formée de plusieurs pièces. Ils n'ont point d'yeux, et portent douze paires de bras ou appendices qu'ils font sortir et rentrer par l'ouverture de leur enveloppe. Quant à leur organisme intérieur, il se rapproche de celui des crustacés.

Ainsi, de même qu'on a vu des êtres [164g], plumatelles, etc., intermédiaires entre les zoophytes et les mollusques, voici des êtres intermédiaires entre les mollusques et les crustacés.

Et de même que nous avons vu les jeunes spongiaires se dégrader et devenir un être informe et immobile, voici des animaux très-supérieurs aux spongiaires, de jeunes êtres très-semblables aux crustacés, qui en grandissant se dégradent comme les spongiaires et deviennent immobiles et très-inférieurs à ce qu'ils étaient à l'origine.

Analogie effrayante de la vie d'un grand nombre d'hommes.

[166] Dans toutes les séries animales qui précèdent, on a vu le développement de l'organisme, après s'être perfectionné dans un certain nombre de formes, s'arrêter à un terme peu élevé. L'*oursin* dans les séries des rayonnés, le *poulpe* dans celles des mollusques, le papillon ou le *scarabée* dans celles des insectes, le *crabe* dans celles des crustacés, sont chacun le dernier et suprême résultat du développement de la série à laquelle ils appartiennent, et ces suprêmes résultats de chacune de ces séries sont, en définitive, des organismes extrêmement inférieurs au mammifère que nous avons examiné d'abord.

Nous allons maintenant voir une suite d'êtres *vertébrés* où l'organisme se développera sous nos yeux dans une

même voie presque sans interruption, avec une merveilleuse variété et une puissance d'ascension extrême, depuis l'animal vermiforme jusqu'au mammifère, jusqu'à l'homme (1).

[166a] *Les poissons*.—Le premier animal que l'on trouve au-dessus du ver dans cette série, c'est la *lamproie*. (fig. 49) Il en existe beaucoup de variétés : quelques-unes atteignent de grandes dimensions ; mais il en est qui ne dépassent point les proportions d'un lombric [165] et ont extérieurement, au premier regard, l'apparence d'un ver dont la bouche n'est qu'une ventouse, comme chez la sangsue. Mais cette ventouse est plus compliquée que celle de la sangsue, et tout l'organisme diffère de celui des vers. Les lamproies ont, notamment, des branchies réduites, il est vrai, à des sortes de petits sacs ; en outre, elles offrent quelques traces de squelette intérieur dont toutes les parties cependant sont membraneuses. Dans certaines espèces, cette charpente est un peu plus solide ; elle atteint la consistance d'un cartilage tendre. Mais cette charpente intérieure, réduite à un rudiment longitudinal qui rappelle le rachis [164a] des animaux supérieurs, ne saurait être appelée *colonne vertébrale*, car on n'y distingue point de vertèbres. Les lamproies sont rangées par tous les naturalistes dans l'immense classe des poissons, et leur organisme est, au total, beaucoup moins perfectionné que celui des autres animaux de cette classe.

Comme les insectes, les arachnides, beaucoup de crus-

(1) L'un des plus beaux sujets d'étude que puissent se proposer aujourd'hui les naturalistes serait de rechercher par quelles causes nécessaires le développement organique s'est arrêté à des termes si inférieurs dans les autres séries, pendant qu'il est parvenu à de si magnifiques résultats dans les séries que nous allons parcourir.

tacés et presque tous les batraciens, elles passent d'abord par un état de larve avant de parvenir à leur état parfait.

[166b] Au-dessus d'elles, dans la série considérée surtout au point de vue de la charpente intérieure, on trouve les poissons dits *cartilagineux*, les raies (fig. 55), les requins, etc., dont le squelette reste toujours à l'état cartilagineux plus ou moins dur.

Et au-dessus de ceux-ci se trouvent les autres espèces dont le squelette peut être considéré comme osseux, quoique la composition chimique de ces os des poissons soit fort différente de la composition des os des mammifères et qu'ils ne présentent jamais de canal médullaire.

En général, ce squelette se compose d'une tête osseuse et d'un rachis, avec des côtes et avec des membres plus ou moins rudimentaires.

Chez les animaux supérieurs, dans le tout jeune âge, les os qui forment la tête ne sont point soudés entre eux. Chez les poissons, les os qui forment la tête ne se soudent jamais et restent toujours, sous ce rapport, à l'état où sont les os de la tête du très-jeune mammifère.

La boîte crânienne est petite et la cervelle ne la remplit même pas. Cette tête osseuse est d'ailleurs fort compliquée, et porte des pièces nombreuses qui servent soit à l'insertion des branchies, soit au jeu de la fonction respiratoire.

La colonne vertébrale ne présente ni cou ni sacrum ni hanches : c'est une longue suite, ordinairement droite, de vertèbres qui vont en diminuant de grosseur. Ces vertèbres ont une forme différente de celles des mammifères, et sont cependant de même creusées de manière que, par leur réunion, elles forment le canal où est logée la moelle épinière.

Certains poissons n'ont point de côtes; d'autres en ont qui entourent l'abdomen; et chez quelques-uns, les côtes viennent se fixer à des os que l'on considère comme les analogues du sternum des mammifères.

Pour beaucoup d'espèces, chaque côte porte une ou deux arêtes qui pénètrent dans les chairs et les soutiennent, et même des arêtes semblables partent aussi des vertèbres de certaines espèces.

Les autres parties du squelette forment la charpente des nageoires. En général (fig. 51), il se trouve des nageoires sur la ligne médiane, au dos *a a*, et à la partie inférieure du corps *b b*; il s'en trouve à la queue *c*; enfin, il s'en trouve de chaque côté du corps. Les unes, près de la tête (nageoires pectorales) *d* sont les analogues des bras des mammifères; les autres, plus bas et plus rapprochées, attachées au ventre, à une distance de la gorge variable selon les espèces (nageoires ventrales) *e*, sont les analogues des jambes des mammifères.

Le squelette des membres antérieurs est réduit à quelques rudiments des os des bras et des mains, et à des rayons épineux qui sont les analogues des doigts.

Le squelette des membres postérieurs est encore moins compliqué. Leur analogie avec les membres postérieurs des mammifères est moins développée, et dans certains poissons, tels que les anguilles (fig. 50), ces analogues des membres postérieurs manquent complètement.

Le squelette des poissons cartilagineux est différent non-seulement par la consistance, mais par la forme des pièces qui le composent, et il offre une grande analogie avec le squelette des têtards [166*d*]. Ce squelette est beaucoup moins compliqué que celui des poissons osseux. La colonne rachidienne est dans certaines espèces réduite

à un seul tube sans vertèbres distinctes. Le crâne ne se compose que d'une seule pièce sans sutures.

[166c] Les nageoires pectorales de plusieurs espèces prennent un grand développement, ce qui leur permet de s'en servir comme d'une paire d'ailes pour se soutenir quelques instants dans l'air. C'est pourquoi on les nomme *poissons volants*. Quelques espèces peuvent ramper ou sauter sur terre. Au Texas, il existe un poisson qui, lorsque les flaques d'eau qu'il habite viennent à se dessécher en été, prend son parti bien gentiment et s'en va, sautillant et rampant, trouver d'autres eaux à de très grandes distances. Il existe même des poissons qui grimpent sur les arbres.

La forme extérieure des poissons varie. Les uns sont aplatis, d'autres cylindriques ou coniques, etc. Ils n'ont point de cou; leur queue est d'ordinaire très-grosse, et, à son origine, extérieurement, elle ne se distingue presque pas du corps.

Leur peau est nue chez les uns, recouverte d'écailles chez les autres, et de couleurs très-variables, souvent éclatantes. Ce sont des replis de cette peau qui, étendus sur les rayons cartilagineux ou osseux dont nous avons parlé, forment les nageoires.

En arrière des mâchoires, de chaque côté de la tête, on remarque un couvercle mobile, nommé *opercule o*. Au-dessous de ces opercules sont placés plusieurs *arcs* qui portent les branchies ou organes de la respiration (1). Mais dans les espèces inférieures, telles que les lamproies et les poissons cartilagineux, les *raies* entre autres, ces

(1) Ce que les ménagères et les pêcheurs appellent les *ouïes* des poissons, n'est autre chose que leurs branchies ou organes respiratoires.

opercules manquent et sont remplacés par des trous plus ou moins nombreux et disposés diversement selon les espèces. Cette différence extérieure correspond en outre à d'autres différences dans la disposition des branchies.

Le sang des poissons est rouge. Les globules de ce sang sont elliptiques et beaucoup plus grands que ceux des mammifères. Le cœur, placé sous la gorge, ne se compose que d'un ventricule et d'une oreillette. Ainsi, tandis que chez le mammifère [164a] le sang veineux, lancé d'abord par un premier ventricule (droit) vers le poumon et devenu artériel, reçoit l'impulsion d'un deuxième ventricule (gauche) pour parvenir dans toutes les parties de l'organisme, chez le poisson, le sang devenu artériel ne poursuit sa course que par l'impulsion de l'unique ventricule qui l'a envoyé vers les branchies. En un mot, leur cœur correspond à la moitié droite du cœur des mammifères ; la moitié gauche manque. Leur circulation est donc lente.

La respiration des poissons est peu active, puisque la petite quantité d'oxygène contenu dans l'eau leur suffit, et leur sang est froid, c'est-à-dire que la température de leurs organes est à très-peu près la même que celle du milieu qu'ils habitent.

Pour respirer, le poisson ouvre la bouche ; l'eau y pénètre. Il referme alors la bouche en ouvrant ses opercules ; et l'eau, passant de chaque côté entre les arcs branchiaux, sort par les ouvertures des ouïes, après avoir oxygéné le sang, à travers la mince membrane des ouïes.

Retirés de l'eau, les poissons s'asphyxient en général promptement, parce que les branchies s'affaissent, se dessèchent et, ne laissant plus passer le sang, deviennent

impropres à remplir leur fonction. Mais chez les poissons rampeurs et grimpeurs dont nous avons parlé, de même que chez le crabe de terre, un appareil spécial entretient l'humidité des branchies et permet à ces animaux de vivre hors des eaux.

Les sens des poissons sont fort obtus. Le toucher n'a guère d'autre organe que les lèvres. Leur langue, à peu près immobile, presque cornée et ne recevant que peu de nerfs, doit être un faible organe du goût. Les organes de l'odorat et de l'ouïe sont plus perfectionnés, mais très-inférieurs à ceux des mammifères. Ils n'ont pas de paupières mobiles, ni d'appareil lacrymal, et la peau, transparente en ce point, recouvre les yeux.

Chez les poissons plats, les yeux ne sont pas placés de chaque côté de la ligne médiane, ils se trouvent tous deux du même côté. Cette anomalie qui correspond dans leur structure à d'autres anomalies semblables, ne paraît se retrouver nulle part ailleurs dans les nombreuses séries des animaux vertébrés.

La plupart des poissons nagent très-rapidement. Ils possèdent une vessie intérieure, remplie d'air, qu'ils contractent à volonté, de manière à augmenter ou à diminuer le poids spécifique de leur corps [30] pour descendre ou monter dans la masse des eaux.

Presque tous les poissons dévorent tout ce qui vit, et se dévorent les uns les autres autant qu'ils peuvent. Ils ont presque tous des dents aiguës, et chez beaucoup d'espèces il en existe dans tout l'intérieur de la bouche. Ils n'ont point de glandes salivaires. L'intestin varie de forme et de dimensions relatives. L'anus est dans certaines espèces situé sous la gorge; d'ordinaire il est placé vers la queue. Le foie est grand. Les reins, extrêmement

développés, se prolongent dans tout l'abdomen de chaque côté de la colonne vertébrale. Ils sont presque tous ovipares. La femelle de beaucoup d'espèces, en une seule ponte, peut produire des centaines de mille œufs. On croit d'ailleurs être assuré que certains poissons subissent dans le jeune âge des *métamorphoses* analogues à celles que nous ont montrées les insectes, et que nous allons retrouver chez les reptiles.

Plusieurs poissons portent un appareil électrique au moyen duquel ils foudroient à distance leurs ennemis ou leurs proies. Le plus puissant de tous ces artilleurs, le *gymnote* (fig. 50), sorte d'anguille de deux mètres de long, peut ainsi renverser un cheval. Mais la structure de l'appareil électrique diffère dans chaque espèce. Ainsi, celui de la *torpille* (fig. 55) de nos mers n'est pas le même que celui du *gymnote* de l'Amérique méridionale, et l'appareil électrique des *silures* du Nil est différent des autres.

[166d] Parmi les poissons, nous trouvons encore un exemple de dégradation organique, analogue à ceux que nous ont montrés les spongiaires [163b] et certains crustacés [165u]

On a récemment reconnu (1) que le *sagitta*, habitant des mers du Nord, possède, dans la première partie de sa vie, une grosse corde dorsale qui doit suffire à le faire considérer alors comme un terme inférieur des séries de vertébrés, mais que, dans l'état adulte, il perd cette corde dorsale qui s'atrophie et disparaît complètement.

Ainsi, les progrès de la science font voir que la *métamorphose rétrograde* est un phénomène beaucoup plus fréquent qu'on ne l'avait cru, et dont toutes les séries sans

(1) Cette découverte est due à M. Meissner, professeur à Bâle.

doute, étant bien étudiées, fourniraient de nombreux exemples.

[166e] *Les reptiles*. — Dans la classe des poissons, le type général est assez peu modifié. Les différences, soit ascendantes, depuis les poissons inférieurs jusqu'aux poissons les plus complets, soit latérales, entre les formes principales de ces êtres, sont assez peu étendues. Au contraire, le type reptile a été extrêmement remanié et modifié très-diversement. Une collection de reptiles est, comme une collection de machines anciennes, une collection de tentatives de modifications diverses de l'être vertébré pour atteindre la construction d'un chef-d'œuvre ultérieur, et dans chacune desquelles on peut suivre des tendances, des efforts abandonnés tour à tour.

Nous parlerons d'abord des *batraciens*, grenouilles, crapauds, salamandres, etc, qui, de même que les insectes, mais à une immense hauteur au-dessus d'eux, exécutent incessamment sous nos yeux plusieurs actes du grand drame de la transformation et du développement animal.

Au sortir de l'œuf, le *tétard* qui doit devenir une grenouille est un poisson inférieur tant par sa forme que par son organisme. Le *tétard* ne peut vivre que dans l'eau. Il a d'abord une grosse tête sans yeux, un gros ventre, une longue queue aplatie et point de membres. Il n'a qu'un petit trou en guise de bouche et un tubercule placé de chaque côté de la tête en guise de branchies.

Bientôt ces tubercules s'allongent et se divisent en lanières. Les yeux se dessinent sous la peau, et une fente, sous le cou, forme une espèce d'opercule. Plus tard (fig. 42), les branchies se ramifient; il se forme à la

bouche un bec corné à l'aide duquel l'animal se nourrit des végétaux. Peu après (fig. 43), les branchies extérieures disparaissent; la respiration s'opère par des houppes vasculaires intérieures placées sous la gorge et auxquelles l'eau parvient, comme chez les poissons, par la bouche. L'eau est évacuée par une ou deux fentes dont la position varie suivant les espèces.

Plus tard, les pattes postérieures se montrent et se développent (fig. 44). Ensuite apparaissent les pattes antérieures (fig. 45). Le bec corné tombe; les mâchoires se forment; la queue s'atrophie peu à peu (fig. 46); des poumons se développent, et les branchies s'atrophient à mesure que ces poumons deviennent plus aptes à la respiration. Les arceaux qui portaient les branchies disparaissent, ainsi que les fentes qui servaient à la sortie de l'eau de respiration. La queue disparaît aussi, et le têtard est devenu grenouille (fig. 48).

Chez certains batraciens, la transformation demeure incomplète; ainsi les salamandres (fig. 47) conservent leur queue de têtard, et d'autres espèces, tout en acquérant des poumons, conservent leurs branchies.

On comprend que, pendant ces transformations, les divers appareils, digestif, circulatoire, etc., doivent subir des modifications correspondantes. Mais, parvenus à leur état parfait, les batraciens nous présentent dans leur système circulatoire une modification particulière. Une partie du sang veineux s'y mêle avec le sang artériel, et c'est ce mélange qui est envoyé à tout l'organisme. Cette respiration imparfaite et ce mode de circulation sont caractéristiques de toute la classe des reptiles; mais le phénomène se produit différemment selon les espèces, ainsi que nous le verrons plus loin.

On a cru longtemps et quelques personnes croient encore qu'il y a des *pluies de crapauds*, de même qu'il y a des pluies de pierres [25m].

Nous avons été plusieurs fois témoin d'un fait qui explique cette croyance sans la justifier.

Sur un chemin du grand-duché de Luxembourg, dans une étendue de plus d'un kilomètre, nous avons vu deux fois, en juillet et août 1855, et une fois en août 1857, le soir, à la suite d'une petite pluie chaude, une quantité tellement innombrable de crapauds, qu'il était impossible de poser le pied à terre sans en écraser plusieurs. Ces crapauds n'avaient pas plus d'un centimètre et demi ou deux centimètres de longueur. Les gens du pays s'accordent à dire qu'en cet endroit le fait se présente presque chaque année.

Mais ce chemin est proche d'une rivière (*l'Our*) et de prairies arrosées; même, sur une longueur d'environ cent mètres, il n'est qu'à cinquante pas d'un étang.

Or, dans les trois occasions où nous avons pu voir ces multitudes de crapauds, ils venaient tous manifestement du côté où se trouvent l'étang, la rivière et les prairies.

D'ailleurs, lorsque le temps est humide en été, on trouve toujours le soir, sur cette route, quelques-uns de ces petits batraciens.

[166f] La forme extérieure des reptiles varie, depuis le serpent (fig. 56) qui rappelle le ver, jusqu'au crocodile (fig. 60) qui rappelle le mammifère. Ainsi, beaucoup de reptiles n'ont point de membres, et quelques-uns n'en ont que de rudimentaires (fig. 59). Chez ceux qui en ont, les membres sont, en général, trop courts et trop imparfaitement disposés pour empêcher leur corps de ramper

à terre, et c'est de là que vient leur nom générique : reptiles (1).

Le squelette varie comme la forme extérieure, et quand on compare les squelettes d'un grand nombre d'animaux de cette classe, on voit que, excepté la tête et la colonne vertébrale, toutes les autres parties peuvent manquer dans l'une ou l'autre espèce.

Chez les serpents (*ophidiens*), les membres manquent, ainsi que le sternum et le sacrum, et les côtes sont extrêmement nombreuses; on en trouve chez la couleuvre jusqu'à trois cents paires. Ces côtes sont mobiles, et, à travers la peau, elles aident l'animal à se mouvoir sur le sol; ce qui rappelle la manière dont se meuvent certains vers.

Chez la grenouille, les côtes manquent complètement. Le sternum très-développé les remplace pour soutenir la poitrine.

Chez les tortues (*cheloniens*) (fig. 58), les côtes et le sternum sont modifiés étrangement. Ces reptiles sont recouverts d'un vaste bouclier supérieur nommé *carapace*, et munis d'un autre bouclier inférieur nommé *plastron*. Leur corps est contenu dans la cavité formée par ces deux boucliers, et leur tête, leurs membres, leur queue, passent au dehors par des ouvertures, en avant et en arrière.

Or, la carapace vue en dessous montre les vertèbres engagées dans sa masse, et l'on voit clairement que cette carapace est formée par l'élargissement et l'union des vertèbres et des côtes. Le plastron, lui-même, n'est autre chose que le sternum extrêmement élargi et modifié.

(1) Du latin *reptare*, ramper.

Chez les *sauriens* (lézards, crocodiles), on trouve un sternum, un sacrum, des membres antérieurs et postérieurs, ce qui rapproche extrêmement leur squelette de celui du mammifère; mais les côtes sont plus nombreuses que chez le mammifère, et il s'en trouve à l'abdomen aussi bien qu'au thorax. Leur tronc est sous ce rapport un tronçon de serpent auquel sont ajoutés les membres; c'est-à-dire que le saurien représente, dans la série des vertébrés, l'organisme du serpent s'élevant jusqu'à toucher la limite où va commencer le mammifère. Mais leurs os sont pleins comme ceux des poissons.

La plus grande variété de formes et de structure se retrouve également dans les membres des reptiles. Chez les tortues de terre, les doigts sont réunis dans presque toute leur longueur. Chez les tortues de mer, ils sont entièrement réunis et aplatis de manière à former une rame à l'extrémité de chaque membre. Chez les petites grenouilles nommées *rainettes* (fig. 48), les doigts sont terminés par des pelotes visqueuses qui les aident à monter le long des arbres. La peau des doigts du gecko (sorte de lézard du midi de la France) est repliée de manière à produire l'effet d'une ventouse, de sorte que l'animal peut adhérer et grimper partout. Chez le caméléon, les doigts sont opposables (1); ce qui lui permet de saisir les branches. Sa queue, en outre, est *prenante*, c'est-à-dire qu'elle peut s'enrouler autour des objets comme un serpent.

(1) On dit que les doigts sont *opposables* lorsque les uns peuvent se plier vers les autres, en sens contraire des autres. Ainsi, dans la main de l'homme, le pouce est opposable aux autres doigts, et, dans le pied de l'homme, le pouce n'est pas opposable. Ainsi encore, chez beaucoup d'oiseaux, les doigts des pieds sont opposables.

Certains reptiles sont *palmés*, c'est-à-dire qu'il existe entre leurs doigts des membranes qui facilitent la nage : tels sont les doigts des pattes postérieures des grenouilles. Chez le crocodile, les doigts, garnis d'ongles, sont séparés. Chez le dragon, petit reptile de l'Inde, voisin des lézards, il existe de chaque côté du corps un grand repli de la peau soutenu par les six premières fausses côtes étendues horizontalement; ces appendices soutiennent l'animal en l'air lorsqu'il s'élance d'une branche à l'autre.

Le cerveau des reptiles est très-peu développé. Leur toucher est très-imparfait, car ils n'ont point d'organe spécial pour ce sens, et leurs téguments extérieurs sont, en général, rudes ou couverts d'écailles. Ces animaux subissent des *mues* complètes ou incomplètes. Ainsi, les serpents changent de peau plusieurs fois par an, et chez les reptiles sans écailles l'épiderme tombe et se renouvelle souvent.

Les serpents, comme les poissons, n'ont point du tout de paupières. La peau, transparente en ce point, passe au devant de l'œil. La salamandre (fig. 47) a deux paupières en bourrelet, trop incomplètes pour recouvrir l'œil; mais chez tous les reptiles supérieurs, sauriens, etc., il s'y ajoute une troisième paupière que l'on retrouve chez les oiseaux.

L'oreille externe manque d'ordinaire complètement; l'oreille interne est plus perfectionnée que celle des poissons, et elle se perfectionne davantage à mesure que l'on s'élève dans la série.

Les organes du goût et de l'odorat sont peu développés; cependant la langue est, en général, mieux organisée que celle des poissons.

Presque tous les reptiles sont armés d'un grand nombre de dents et carnivores. Leur bouche est d'ordinaire assez grande ; celle des serpents peut s'ouvrir démesurément à cause de la structure particulière de leurs mâchoires. En outre, beaucoup de serpents sont munis d'un appareil venimeux destiné à paralyser et à tuer rapidement leur proie, souvent plus grosse qu'eux. Cet appareil se compose de dents aiguës, placées de chaque côté de la mâchoire supérieure, et creusées d'un canal ou d'une gouttière. Ces dents introduisent dans la plaie le venin sécrété par une glande située à la base de chaque dent et qui se trouve pressée pendant que le reptile mord. Dans beaucoup d'espèces, ces dents ou crochets venimeux sont mobiles, et lorsque l'animal les perd en mordant, ils se reproduisent.

D'autres reptiles, tels que le crapaud, n'ont point de dents ; chez les tortues, elles sont remplacées par un bec corné et tranchant analogue au bec des oiseaux. Aucun reptile n'a des lèvres charnues et mobiles. Les intestins sont courts. L'appareil circulatoire varie.

[166g] Chez les tortues, le cœur (fig. 19) se compose de deux oreillettes s'ouvrant dans un seul ventricule où se mêlent le sang veineux et le sang artériel. Ces trois cavités, attachées l'une à l'autre, sont entièrement distinctes.

Chez les crocodiles, le cœur est formé, comme chez les mammifères, de quatre cavités, deux oreillettes et deux ventricules. Mais, chose remarquable, de même que chez la tortue, ces cavités ne forment pas extérieurement un seul corps ovalaire comme chez le mammifère. Les deux oreillettes sont extérieurement distinctes de la cavité ventriculaire à laquelle elles sont

unies, et cette cavité, divisée intérieurement par une cloison, forme les deux ventricules. Ainsi, une cloison qui sépare en deux l'unique ventricule de la tortue, voilà le progrès organique que nous montre le cœur du crocodile. Mais le perfectionnement du cœur n'est pas achevé. Le cœur du crocodile ne forme pas, comme chez le mammifère, un seul corps. Les oreillettes ne sont pas encore soudées avec les autres parties de l'organe. L'organe entier montre que l'*ajoutement* de nouvelles parties au cœur du poisson est récent.

Le cœur du crocodile étant formé de quatre cavités, le sang artériel ne s'y mêle pas au sang veineux. Mais les deux sangs se mélangent à une petite distance du cœur, et la moitié postérieure du corps ne reçoit qu'un mélange de sang artériel et de sang veineux, tandis que la tête et la moitié antérieure du corps reçoivent du sang artériel pur. La circulation du crocodile est donc encore, sous ce rapport, un acheminement vers la circulation du mammifère.

Les vaisseaux lymphatiques [164c] des batraciens et des lézards présentent une particularité qui, sans doute, se retrouve chez les autres reptiles : ils sont munis d'un certain nombre de vésicules pulsatives, sortes de *cœurs lymphatiques*, dont les contractions accélèrent le cours de la lymphe et suppléent à l'insuffisance des valvules qui ne sont que rudimentaires.

La respiration des reptiles est peu active. Ils consomment peu d'oxygène. Chez beaucoup de ces animaux, la peau exerce les fonctions respiratoires et agit sur l'oxygène dissous dans l'eau, aussi bien que sur l'oxygène de l'air.

Indépendamment de ces faits si remarquables : 1° que

certaines reptiles ont d'abord des branchies, puis des poumons et plus de branchies ; 2° que d'autres, à l'état parfait, conservent toujours poumons et branchies, un fait général montre bien la gradation organique dont les reptiles donnent la démonstration évidente : les cellules de leurs poumons sont très-grandes, de sorte que la surface totale destinée à exercer la fonction respiratoire est moindre chez eux, à volume de poumon égal, que chez le mammifère, où les cellules pulmonaires sont beaucoup plus petites et plus nombreuses (1). La structure du thorax des reptiles est d'ailleurs plus ou moins défavorable au jeu de la fonction respiratoire. Enfin, dernier fait qui montre encore la gradation organique et qui se rencontre chez les reptiles inférieurs, les serpents, l'un des poumons est très-long et développé, pendant que l'autre reste rudimentaire.

Le sang des reptiles est froid, c'est-à-dire qu'ils ne dé-

1) *Une moindre surface résultant de plus grandes cavités...* cela peut étonner beaucoup de lecteurs.

En voici la démonstration :

Soit un centimètre cube de poumon dans lequel se trouve une cavité cylindrique d'un centimètre de diamètre et longue d'un centimètre. La circonférence étant environ triple du diamètre [24*k*], la surface intérieure de cette cavité sera de trois centimètres carrés environ.

Soit maintenant un centimètre cube de poumon dans lequel se trouvent seize cavités cylindriques de deux millimètres de diamètre et longues d'un centimètre. La surface intérieure de chacune de ces cavités sera d'environ soixante millimètres carrés. Les seize cavités donneront donc ensemble 60 multiplié par 16, c'est-à-dire 960 millimètres carrés, et comme il y a 100 millimètres carrés dans un centimètre carré, divisant 960 par 100, on aura plus de 9 centimètres carrés pour les surfaces réunies de toutes ces petites cavités.

C'est ainsi que de grandes cavités donnent moins de surface pulmonaire que n'en donnent beaucoup de petites cavités.

veloppent que très-peu de chaleur et que leurs organes, comme ceux des poissons et de tous les êtres inférieurs, sont à peu près à la température du milieu qu'ils habitent. Beaucoup de ces animaux s'engourdisent même, en hiver, dans les climats tempérés ou froids. Mais la chaleur de l'été ou des zones torrides active singulièrement toutes leurs fonctions.

Les reptiles se reproduisent par des œufs, et chez plusieurs espèces, notamment chez la vipère, les œufs éclosent dans le sein de la mère. Les œufs de presque tous les reptiles éclosent sans autre secours que la chaleur du climat; mais un serpent de l'Inde, le *Pithon*, sorte de boa, couve ses œufs, et pendant tout le temps de l'*incubation* la chaleur de son corps s'élève jusqu'à 40°.

D'ailleurs, ce serpent n'est pas le seul qui couve ses œufs.

L'année dernière, dans le duché de Luxembourg, au milieu de l'été, en démolissant un petit mur le long des roches schisteuses, on trouva dans une cavité quatre couleuvres d'un mètre et demi de long, enroulées et immobiles sur des œufs, au nombre d'environ deux cent cinquante. Les ouvriers tuèrent les couleuvres, et dispersèrent les œufs après les avoir écrasés.

Il eût été intéressant de savoir si la température de ces reptiles était plus élevée qu'à l'ordinaire. Averti trop tard, nous ne pûmes rien examiner; mais le fait est certain.

La vitalité des reptiles est bien moins active que celle de la plupart des autres vertébrés; ce qui est très-conséquent avec leur respiration imparfaite et le mélange de sang veineux et artériel qui stimule médiocrement leurs organes. En revanche, chez eux, la persistance de la

vitalité est extraordinaire. On cite de ces animaux, tortues ou autres, qui ont vécu longtemps encore après avoir été privés de tel organe dont la perte entrainerait la mort plus ou moins immédiate d'un mammifère, ou même d'un poisson. Et la queue d'un lézard, longtemps après avoir été coupée, s'agite encore lorsqu'on la pique.

[166h] *Les oiseaux.* — Dans cette classe d'animaux, les variations de la forme extérieure sont beaucoup moindres, d'une espèce à l'autre, que dans toutes les classes précédentes. Le tronc de tous les oiseaux est à très-peu près semblable; il n'y a de différences bien marquées que dans les appendices.

Les plumes dont ces animaux sont presque tous entièrement couverts et qu'eux seuls possèdent parmi les êtres vivants, sont évidemment les analogues des poils des mammifères, — ce que confirme d'ailleurs l'analyse chimique. — Cependant, la structure des plumes est beaucoup plus compliquée.

Le squelette des oiseaux est composé à très-peu près des mêmes parties que le squelette des mammifères; mais les proportions relatives sont fort différentes. Leur tête est petite comme celle des reptiles, eu égard au volume du corps. — Leurs mâchoires, très-allongées et terminées par un bec ordinairement corné, ne sont pas articulées directement comme celles des mammifères, mais d'une manière qui rappelle bien davantage le mode d'union des mâchoires des serpents. Le cou est long; le nombre de ses vertèbres varie de douze à vingt, et même plus. La tête est articulée avec le cou de manière à permettre des mouvements de torsion plus complets que chez le mammifère: l'oiseau peut retourner la tête en arrière. Au contraire, les vertèbres du dos (dorsales) et des reins

(lombaires et sacrées) sont soudées et immobiles (1); ce qui donne à cette partie du squelette la solidité nécessaire pour servir de point d'appui aux ailes. Les vertèbres de la queue sont petites et mobiles. Les côtes sont munies d'une barre transversale au moyen de laquelle chacune s'appuie sur la suivante. Le sternum (chez les oiseaux, on l'appelle *bréchet*) est extrêmement développé et porte, en avant, une haute crête saillante qui étend et consolide la base d'attache des muscles destinés à mouvoir les ailes et donne à leurs contractions beaucoup plus d'efficacité.

Les os des bras et des mains, qui forment la charpente des ailes, sont plus ou moins modifiés; presque tous les doigts manquent, ceux qui subsistent sont presque méconnaissables. Le pouce est rudimentaire; le médium réduit à deux phalanges est très-long; un petit stylet représente en outre un autre doigt rudimentaire. Dans la plupart des espèces, les clavicules sont soudées. Les os des hanches sont très-développés et ne forment qu'une pièce avec les vertèbres situées entre eux.

Les os des membres postérieurs sont les parties du squelette des oiseaux qui présentent le plus de variations selon les espèces. Tous sont bipèdes, car les membres antérieurs ne servent jamais qu'au vol. Les rares espèces qui ne volent point et courent plus vite qu'un cheval, l'autruche, le casoar, ont les cuisses et les jambes longues et le pied petit.

D'autres espèces qui volent et courent également bien, telles que le *messenger*, mangeur de serpents, ont aussi les jambes fortes et longues. Les oiseaux de proie (*rapaces*) ont

(1) Excepté chez les autruches et les casoars qui ne volent point.

les membres postérieurs très-forts, les doigts puissants, les ongles durs et crochus. Chez ceux qui marchent au bord des eaux, tels que les *hérons*, les pattes sont longues et grêles. Chez ceux qui, vivant sur les eaux, nagent plus qu'ils ne marchent, tels que les *canards*, les jambes et les pattes sont courtes, les doigts des pieds sont palmés. Les doigts sont, en général, au nombre de quatre, jamais plus. Dans beaucoup d'espèces, il n'en existe que trois, et même les *autruches* n'en ont que deux. La direction des doigts varie aussi : par exemple, chez le canard, tous les quatre sont en avant ; chez la poule, trois seulement sont en avant et un en arrière ; chez les pics, deux sont en avant, les deux autres en arrière.

Il n'entre point dans nos vues d'expliquer en détail le mécanisme du vol. Nous nous bornerons à dire que l'oiseau, en frappant de ses ailes l'air qui résiste au déplacement et lui fournit des points d'appui, tend à s'élever et à se porter en avant. Ces mouvements répétés produisent le vol.

Indépendamment de toutes les particularités qui, dans l'organisation de l'oiseau, favorisent ce mode de locomotion, la structure des os tend encore à le faciliter. Les os des oiseaux, à volume égal, ont des parois plus minces que ceux des autres animaux ; leurs cavités sont plus grandes, et ces cavités sont remplies d'air. Chez les oiseaux qui ne volent point, le casoar et l'autruche notamment, le sternum est privé de crête. D'autres modifications correspondent à cette différence fondamentale dans leur mode de locomotion, et, sauf les os de leurs membres postérieurs, leur squelette n'est pas creux et plein d'air comme dans les espèces qui volent.

La structure du bec des oiseaux varie également selon

leurs habitudes. Ceux qui vivent de chair ont le bec court, fort, crochu et tranchant, comme les *aigles*, les *faucons*, ou long, aigu et large, comme les *hérons*, grands avaleurs de poissons. Chez ceux qui vivent d'insectes, il est long et mince (*hochequeue*) ou largement ouvert (*hirondelle*). La structure du bec des *granivores* est intermédiaire entre le bec des *rapaces* et celui des *insectivores*. Celui des *palmipèdes* (oiseaux aux pieds palmés), tels que les *canards* et les *cignes*, n'est pas corné, mais large et armé de dentelures de chaque côté.

[166i] Chez certains oiseaux, tels que la *bécasse*, le *courlis*, qui mangent des vers, le bec est long, mince, et la partie supérieure est douée d'une certaine mobilité à l'extrémité; de sorte que l'oiseau peut enfoncer cette espèce de sonde dans la terre détrempee et y saisir les vers.

L'encéphale, plus développé que chez les reptiles, l'est beaucoup moins que chez les mammifères. Le tact est très-imparfait, car il n'est bien servi chez les oiseaux par aucun organe. L'appareil de l'odorat est plus perfectionné, mais très-inférieur à celui des mammifères. Le goût est presque nul, car leur langue est cartilagineuse; excepté chez les perroquets qui sont en effet plus délicats et gourmets.

Les pics ont la langue constituée de manière à pouvoir être dardée rapidement et fort loin hors du bec, comme font certains reptiles (les caméléons), pour saisir les insectes.

L'appareil de l'ouïe, bien plus perfectionné extérieurement et intérieurement que chez les reptiles, est fort inférieur à celui des mammifères, et l'oreille n'a jamais de pavillon.

Mais l'appareil de la vue est très-parfait, et c'est chez les oiseaux de proie qu'il atteint la plus grande puissance que l'on ait observée parmi tous les êtres vivants. Les yeux des oiseaux sont grands; ils sont munis de trois paupières, comme ceux des reptiles supérieurs : deux sont situées horizontalement, comme chez les mammifères; la troisième, intérieure, est verticale. En outre, ils possèdent une certaine membrane, nommée *peigne*, qui paraît destinée à faciliter les fonctions de l'organe de la vue. Ils ont des glandes lacrymales.

Comme dans toutes les classes d'animaux, la disposition du tube intestinal varie entre les espèces selon leur nourriture habituelle. L'œsophage communique avec une poche, nommée *jabot*, placée à la base du cou, et qui manque chez l'autruche et les *piscivores* (mangeurs de poissons). Au-dessous du jabot apparaît un second renflement peu étendu où est sécrété le suc gastrique. Ce renflement est suivi du *gésier*, puissant organe musculaire qui, par ses contractions, *mâche* et triture les aliments. Chez les espèces qui se nourrissent de substances animales, il est moins développé. Mais dans les *granivores*, dont les aliments sont d'une digestion plus difficile, le gésier est doué d'une force extraordinaire.

L'intestin grêle et le gros intestin, qui viennent ensuite, ont ensemble une longueur relativement moindre que chez les mammifères. Le foie est grand, les reins très-développés. Mais, de même que chez les reptiles, il n'y a point de vessie; l'urine aboutit dans le gros intestin.

Le sang des oiseaux est plus riche en globules que celui des reptiles, et même que celui des mammifères. Ces globules sont elliptiques comme ceux des reptiles.

Sauf de légères modifications, l'appareil de la circulation est le même que chez le mammifère.

Mais l'appareil de la respiration réunit les conditions du mammifère à d'autres conditions supplémentaires qui rappellent ce qui se passe chez l'insecte.

Il existe dans tout le corps des oiseaux des lacunes, des vides, entre tous les organes et dans la masse des tissus. Ces lacunes sont d'autant plus grandes que les oiseaux sont meilleurs voiliers. Les poumons sont en communication avec ces vides qui se trouvent ainsi constamment remplis d'air. Il en résulte que la respiration se fait non-seulement, comme chez les mammifères, dans les poumons sur le sang qui y afflue, mais que, en outre, elle s'opère dans ces vides, comme chez les insectes, sur le sang qui parcourt les tissus. On conçoit que, dans ces conditions, la respiration des oiseaux doit être très-active et qu'ils consomment plus d'oxygène que les mammifères. Aussi sont-ils plus facilement asphyxiés.

On conçoit également qu'ils doivent développer une plus grande chaleur. La température de leur corps s'élève en effet à 41°, et même 44°, et l'épais vêtement de plumes dont ils sont couverts les protège contre le refroidissement.

Tous les oiseaux sont ovipares comme les reptiles. Une certaine chaleur étant nécessaire pour les faire éclore, ces animaux doivent couvrir leurs œufs. Cependant un oiseau de nos climats, le coucou, ne couve point lui-même ses œufs; il les dépose dans des nids de fauvettes ou d'autres insectivores, qui les font éclore et les élèvent.

Le nombre des espèces d'oiseaux aujourd'hui connues est d'environ 5,000.

Nous reviendrons ailleurs longuement sur les instincts et les mœurs de ces animaux.

[166j] *Mammifères*. — Les oiseaux viennent de nous montrer un vaste groupe plutôt qu'une série; mais les mammifères vont nous offrir un ensemble de séries graduées, plus ou moins incomplètes, depuis les *pisci-formes* (1) jusqu'aux quadrupèdes terrestres plus ou moins analogues au cheval, et jusqu'aux singes plus parfaits encore, — séries que nous verrons ailleurs aboutir enfin à l'homme, terme historique suprême et dernier des modifications ascendantes du type vertébré.

De même que les oiseaux possèdent des plumes, les mammifères possèdent, presque tous, des poils. Ces appendices, très-différents d'aspect, de couleur, de longueur et de finesse selon les espèces, tels que le crin du cheval, la laine du mouton, les soies du sanglier, la fourrure du renard, le poil du chien, etc., ne sont que des modifications différentes d'un même produit de la peau. Presque tous les animaux garnis de poils sont sujets à *muer*, c'est-à-dire subissent une chute périodique de leurs poils, comme les oiseaux subissent une chute périodique de leurs plumes.

Les mâchoires de tous les mammifères sont articulées directement l'une à l'autre, et tous ont sept vertèbres au cou, sauf deux espèces : le lamentin qui en a six, et l'aï qui en a neuf.

[166jj] Les moins complets des mammifères sont les *cétacés*. On comprend sous ce nom générique les baleines, les marsouins, les dugongs, etc., qui tous habitent les mers.

(1) En forme de poissons.

Extérieurement, ces animaux qui atteignent de très-grandes proportions, — la baleine a souvent trente mètres de long, — ressemblent à un poisson. La peau est nue, dépourvue de poils et d'écaillés.

Le squelette (fig. 52) nous montre une tête osseuse, une colonne vertébrale terminée par une queue énorme, des membres antérieurs très-raccourcis où l'on retrouve les parties analogues du squelette des autres mammifères, des côtes qui existent à l'abdomen aussi bien qu'au thorax, comme chez beaucoup de poissons et chez beaucoup de reptiles, mais point de bassin ni de membres postérieurs; de sorte que ce squelette rappelle celui de certains poissons inférieurs où l'on ne trouve pas de vestiges des membres postérieurs. Il rappelle aussi l'état où le têtard ne possède encore que deux pattes. Mais l'existence des mamelles et l'ensemble de l'organisation interne qui se rapproche extrêmement de l'organisme général des mammifères, ne peuvent laisser aucun doute sur la série à laquelle appartiennent les cétacés.

[166k] Immédiatement au-dessus d'eux viennent les *phoques* (fig. 54), les *morses*, etc., marins comme les précédents. Leur squelette (fig. 53) montre le passage du cétacé au mammifère terrestre. En outre des membres antérieurs, les membres postérieurs existent, ainsi que le bassin. Ces membres postérieurs sont enfermés sous la peau et couchés en arrière, de façon que la forme de l'animal se rapproche encore de celle d'un poisson dans la partie postérieure du corps. Mais tandis que chez les cétacés la queue est énorme, ici elle est très-petite, et ce sont les membres postérieurs du phoque, qui, étendus en arrière, simulent la queue. Quant à la partie antérieure du corps, elle est bien plus perfectionnée que celle des cétacés. Les bras et

les doigts, chez ceux-ci, sont extrêmement méconnaissables sous la peau qui les recouvre en forme de nageoire aplatie; tandis que chez les phoques et leurs analogues, les membres antérieurs sont déjà de véritables pattes avec commencement de séparation des doigts qui sont armés d'ongles. D'ailleurs, au lieu que le cétacé, comme beaucoup de poissons et de reptiles, porte des côtes non-seulement au thorax mais à l'abdomen, le phoque, comme les mammifères supérieurs, n'a de côtes qu'au thorax. Enfin, la peau de ces animaux est plus ou moins garnie de poils.

Leurs mœurs sont, comme leur structure, intermédiaires entre les mœurs des cétacés et celles des quadrupèdes terrestres; car tandis que les cétacés ne quittent jamais les eaux, hors desquelles l'imperfection de leurs membres ne leur permettrait pas de se mouvoir, les phoques et leurs analogues sortent souvent de la mer pour s'ébattre sur le rivage, où, s'aidant de leur queue formée des membres postérieurs et de leurs pattes antérieures, ils se meuvent avec vitesse.

Cette série si importante, et qui continue la démonstration commencée par l'insecte [165*n*] et le batracien [166*e*], s'arrête ici.

[166*l*] A un rang plus élevé sous certains rapports, très-inférieur sous d'autres rapports, mais sans former suite à la série précédente, se trouve l'*ornithorhinque*, qui paraît intermédiaire entre les oiseaux et les mammifères, car l'intestin et les canaux urinaires débouchent, comme chez l'oiseau, dans un cloaque commun.

Le caractère intermédiaire de ce singulier animal se manifeste également dans son mode de reproduction, ainsi que nous le verrons ailleurs. De plus, certaines

particularités de son squelette rappellent le lézard et l'oiseau. Il porte aux pieds de derrière un ergot venimeux. Enfin, ses mâchoires se terminent par un large bec très-semblable au bec du canard.

L'*échidné* est organisé d'une manière analogue.

[166m] A un rang plus élevé que tous les précédents, sous presque tous les rapports, se trouvent les *sarigues*, les *phalangers*, les *kanguroos*, tous habitants de la Nouvelle-Hollande. Au point de vue de la reproduction, ils sont encore, mais autrement, intermédiaires entre les ovovivipares et les mammifères. Ils portent sous le ventre une poche où leurs petits, qui naissent très-impairfaits, se réfugient, s'attachent aux mamelles et se développent. Cette poche est soutenue par des os que l'on ne trouve pas chez les autres mammifères.

Les animaux ainsi organisés sont désignés sous le nom générique de *marsupiaux*.

[166n] Une série peu étendue, mais bien graduée, commence au *fourmilier*, animal sans dents qui se nourrit d'insectes, au-dessus duquel se placent d'autres *insectivores*, les *tatous* entre autres, qui ont des dents molaires et des canines, mais point d'incisives.

[166o] Au-dessus des précédents se trouvent les *rongeurs* : *souris*, *rats*, *lièvres*, *lapins*, *écureuils*, etc., qui, sous le rapport de l'appareil dentaire, continuent la série précédente, car ils ont des molaires et des incisives, mais point de canines.

[166p] Très-différents sous plusieurs rapports, l'*éléphant*, le *rhinocéros*, l'*hippopotame*, ont un certain air de famille, ou du moins de nationalité, ou plutôt de contemporanéité, par leur taille énorme, informe, l'épaisseur de leur peau, leurs pieds garnis d'ongles larges et épais qui

environnent leurs doigts. Le dernier est amphibie et habite les fleuves (1). Puis vient le *tapir*, intermédiaire à certains égards entre l'éléphant et le sanglier, non-seulement par sa forme générale, mais par sa taille, ses habitudes et sa trompe, terme moyen entre la longue trompe nasale de l'éléphant et le nez allongé et mobile des sangliers.

[166q] Par ses défenses, son long nez mobile, et l'épaisseur de sa peau, par ses doigts enfermés dans des ongles épais, et je ne sais quoi d'informe et de grossier, le vaste groupe *sanglier* et toutes ses variétés rappellent le groupe précédent.

[166r] Au-dessus des sangliers et portant aussi ce signe de rudesse et de structure grossière, apparaît le groupe des *ours*. Les mœurs dans ce groupe montrent une série, un passage du végétivore au carnivore, les uns se nourrissant seulement de racines ou de fruits, d'autres presque exclusivement de chair, d'autres mangeant indifféremment les fruits, les racines et la chair.

Mais l'ours a une énorme supériorité sur le sanglier; les doigts, au lieu d'être, comme chez celui-ci, enfermés dans une corne épaisse, sont longs, séparés, bien articulés et terminés par des ongles pointus et indépendants.

[166s] Apparaissent ensuite deux formes réellement différentes, quoique très-analogues : c'est le groupe cheval, âne, zèbre, hémione, etc., et les cerfs, chevreuils, daims, rennes, élans, antilopes, chevrotains, gazelles, etc. Tout à côté de ces derniers, le groupe chèvre; à côté de celles-ci, le groupe bélier.

Certainement, il y a beaucoup de rapports de forme

(1) Du grec *hippos*, cheval, *potamos*, fleuve.

entre le cheval et le cerf, surtout en passant par le renne, et une série de formes parfaitement graduées du cerf au béliet. Mais quoique le cheval soit sans aucun doute le plus beau des quadrupèdes, il y a encore chez lui, outre sa masse et sa grande taille, plus d'un trait de la physionomie puissante et étrange du groupe éléphant, du groupe sanglier et de l'ours.

[166*t*] Cette rude et forte empreinte est bien plus marquée dans les *bœufs*, les *auochs*, les *bisons*, et surtout dans le *buffle* à l'œil terrible. Enfin, il existe plusieurs espèces qui sont des intermédiaires entre le bœuf et le cheval : le bœuf à queue de cheval, le yack de la Chine, etc.

166*u*] Un petit groupe de grandes espèces très-voisines les unes des autres, les chameaux, les dromadaires, les lamas, ruminent comme les précédents, mais n'ont point de cornes, et sont les seuls mammifères chez lesquels on ait trouvé les globules du sang elliptiques comme ceux des poissons et des reptiles.

[166*v*] Grossière de formes autant que les sangliers, mais d'un aspect encore plus bestial, nous trouvons l'*hyène*, mangeuse de cadavres : c'est en quelque sorte un chien trapu, ignoble et contrefait. Son arrière-train est beaucoup plus bas que son avant-train, et elle n'a que quatre doigts à tous les pieds.

Très au-dessus d'elle nous voyons le loup, qui a encore, comme l'hyène, la partie antérieure du corps très-développée et la partie postérieure plus basse et moins forte. Mais il a cinq doigts aux pieds de devant, ainsi que toute la chiennerie, le renard, le chacal, etc.

Cette série se termine au *guépard* qui a les pattes et le corps du chien, avec la tête et la queue de la panthère.

[166x] Inférieurs aux *chiens* sous beaucoup de rapports, mais destructeurs plus puissants, grâce à leurs *ongles rétractiles*, nous voyons les féroces espèces nocturnes (*felis*), dont le chat est le type (lynx, léopard, panthère, jaguar, tigre, etc.) et que domine le lion.

[166y] Un autre groupe de carnivores, *belette, putois, hermine, martre, fouine*, etc., a de grandes analogies de formes avec les rongeurs. Il semble que c'est un écureuil armé de canines aiguës qui en est le type.

[166z] Viennent alors les séries des singes (*quadrumanes*). Elles commencent par certains êtres féroces, les uns évidemment voisins du chien, les autres plus voisins de l'ours par leurs énormes dents canines, la petitesse ou l'absence de la queue, parce que surtout la patte de l'ours est déjà un organe de préhension très-voisin de la forme et des proportions d'une véritable main. De plus, l'ours s'assoit souvent les bras en l'air comme le singe, et l'on voit chez lui ce même naturel bateleur et jongleur du singe.

D'autres singes ont avec l'écureuil, une parenté de forme saisissante. En effet, les pattes antérieures des écureuils, organes de préhension aussi parfaits que peut l'être un membre où le pouce n'est pas opposable, leur servent souvent comme des mains pour prendre et porter les aliments à la bouche, pendant qu'assis sur leur derrière ils rappellent la physionomie et la forme générale de certains jolis petits singes. Mais ces analogies ne comblent pas l'immense distance qui sépare le singe de l'écureuil et de l'ours, car chez cet être le pouce de chaque membre peut s'opposer avec les autres doigts; de sorte que les singes n'ont point de pieds, ni de pattes, mais quatre mains : c'est pourquoi on les nomme *quadru-*

manes (1). D'ailleurs, parmi ces animaux il y a des gradations nombreuses. Certaines espèces marchent toujours sur leurs quatre membres; d'autres, plus parfaites, se tiennent plus habituellement sur leurs membres postérieurs, s'aidant seulement de temps à autre d'une main de devant pour marcher, ce qui leur est facile à cause de la grande longueur de leurs bras; même quelques espèces s'appuient sur un bâton en marchant, et, chez celles-ci, les mains antérieures ne font guère que des fonctions de préhension. Beaucoup ont une longue queue qui leur sert comme une cinquième main pour monter sur les arbres, mais les espèces les plus parfaites n'ont point de queue.

Enfin, des caractères d'une extrême importance que nous examinerons plus tard, et parmi lesquels nous citerons ici seulement la situation des deux mamelles placées sur la poitrine, assignent à ces êtres une place très-voisine de l'homme. Mais l'homme qui vient immédiatement au-dessus, sera, ainsi que nous l'avons déjà dit, l'objet d'une étude spéciale.

[166zz] Les chauves-souris, hideuses bêtes dont il existe beaucoup d'espèces, ont également les mamelles placées sur la poitrine. Cependant, sous beaucoup d'autres rapports, les chauves-souris ne sont pas à une grande hauteur dans la série générale des mammifères. Leur cerveau est fort peu développé, leurs membres postérieurs sont petits, et leurs membres antérieurs, très-longs au contraire, se terminent par des doigts d'une longueur démesurée. Un grand repli de la peau est étendu à la fois sur les membres inférieurs, sur la queue et sur les membres antérieurs jusqu'à l'extrémité des doigts, comme la

(1) Latin, *quadra*, quatre; *manus*, mains.

soie d'un parasol sur les baguettes mobiles. Quand l'animal reste en repos, marche ou grimpe, il replie cette peau; quand il veut se soutenir dans l'air, il étend les membres, et la peau tendue forme des espèces d'ailes au moyen desquelles il vole à peu près comme un oiseau. Et tandis que chez les mammifères le sternum est d'ordinaire étroit et aplati, chez beaucoup de chauves-souris on observe sur la ligne médiane de cet os une crête élevée, analogue au bréchet des oiseaux, et qui sert de même à donner plus de force aux membres antérieurs.

[167] L'oiseau est voisin du reptile. La petitesse de sa tête, l'organisation de ses yeux, la disposition de ses mâchoires, son cou long et tortueux, sa reproduction ovipare, ses pattes écailleuses dont la forme rappelle celles des sauviens pour les oiseaux non palmés, et celles des batraciens pour les oiseaux palmés, enfin le pic avec sa langue de caméléon [166*i*], semblent indiquer que l'oiseau est le résultat d'un développement particulier du reptile, développement qui n'a pas été proportionnel à lui-même dans toutes les parties du type, le cou, la tête et les pattes restant très-voisins du reptile, ainsi que le système reproducteur, tandis que les systèmes circulatoire et respiratoire se sont perfectionnés presque isolément et que les membres postérieurs ont été très-modifiés.

Surtout, le regard de beaucoup d'oiseaux, par sa fixité, l'ouverture ronde des paupières, la couleur de la pupille, et un je ne sais quoi physionomique, rappelle extrêmement le regard des serpents.

[167*a*] Beaucoup de mammifères ont la tête armée de cornes dont la structure varie selon les espèces. Chez le rhinocéros à une corne ou à deux cornes, ces appendices,

situés au milieu et presque à l'extrémité du nez, sont attachés à la peau dont ils dépendent et ne tiennent point aux os de la tête. Leur texture, leur situation et leur composition chimique les doivent faire considérer comme étant de même nature que les ongles et les poils.

Chez la girafe, les deux cornes placées vers le sommet de la tête, comme chez toutes les espèces qui suivent, à quelques différences près, les cornes, adhérentes aux os du crâne et d'une structure osseuse, sont des dépendances du système osseux, recouvertes par la peau, et qui ne tombent jamais.

Chez les cerfs et tous leurs analogues, les mâles seuls portent des cornes, osseuses comme chez la girafe et recouvertes de même par la peau dans les premiers temps de leur croissance. Mais la peau qui les recouvre ne tarde pas à tomber en lambeaux, et après un certain temps *le bois* de ces animaux se détache et tombe également. Bientôt après, ce bois repousse pour tomber de même l'année suivante.

Enfin, chez les chèvres, les béliers, les bœufs et leurs analogues, ces appendices de la tête se trouvent également chez le mâle et chez la femelle, et réunissent la double structure. Leur axe est osseux et dépendant des os du crâne, et il est recouvert par une gaine cornée. Les cornes de ce genre croissent pendant toute la vie de l'animal et ne tombent pas comme celles des cerfs et de leurs analogues.

[167*b*] En général, l'appareil digestif des mammifères est plus ou moins semblable à celui que nous avons décrit [164*b*]. Mais, dans un grand nombre d'espèces herbivores, qui sont : tous les cerfs et la girafe, tous les

boucs, tous les béliers, tous les bœufs, c'est-à-dire tous les mammifères à cornes osseuses, et le chameau ainsi que ses rares analogues, au lieu d'un seul estomac il y en a quatre. Le premier et le plus vaste, nommé *panse*, reçoit d'abord les aliments ; mais, après son repas, l'animal, couché ou debout, ramène dans sa bouche, pelote par pelote, les aliments contenus dans sa panse ; il les mâche avec soin une seconde fois, et les avale de nouveau. Cet acte digestif est désigné par le verbe *ruminer*, et les animaux où on l'observe sont dits *ruminants*.

Lorsque la pelote ainsi remâchée est avalée une seconde fois, elle ne retourne pas dans la panse, mais dans un autre estomac appelé *bonnet*, à la suite duquel se trouve le troisième estomac, appelé *feuillelet*, et enfin le quatrième, appelé *caillette*.

Les ruminants n'ont point de dents sur le devant de la mâchoire supérieure, et, en ceci, ils continuent la série des animaux à denture incomplète [166n] [166o].

[167c] La longueur totale de l'intestin varie extrêmement, elle est en rapport avec le régime de l'animal. Chez ceux qui vivent d'herbes, nourriture qui n'est substantielle que sous un grand volume, le travail digestif est plus difficile ; il faut un intestin plus long pour absorber tout ce qui est assimilable dans cette nourriture. Chez le mouton, par exemple, la longueur de l'intestin est d'environ vingt-huit fois la longueur de l'animal. Tandis que chez ceux (lions, tigres, etc.) qui vivent de chair, nourriture facile à digérer, très-substantielle et immédiatement assimilée, la longueur de l'intestin n'est que de trois ou quatre fois celle de l'animal.

L'appareil de la circulation et celui de la respiration sont très-uniformes chez les mammifères. Quant aux or-

ganes des sens, c'est chez eux qu'ils sont, en général, le plus parfaits; mais le degré de cette perfection est très-variable entre les diverses espèces, et correspond au développement varié du système nerveux et au perfectionnement spécial plus ou moins grand des organes.

PARASITES.

[168] De même que certaines espèces végétales vivent aux dépens d'autres végétaux [160], il existe des animaux qui vivent en parasites sur d'autres animaux.

Ces êtres, du moins ceux que l'on connaît jusqu'à ce jour, n'appartiennent ni aux rayonnés [165*f*], ni aux mollusques [165*h*], ni aux vertébrés [166]. Ils sont tous annelés [165*l*] ou articulés [165*m*].

Les plus simples de tous sont les *helminthes*, sortes de vers qui ont des analogies marquées avec les lombrics et les sangsues, et qui se rencontrent principalement dans les intestins des animaux, mais souvent aussi dans le foie, dans les yeux, dans le tissu cellulaire, dans les muscles, et même dans le cerveau.

Le *ténia* ou *ver solitaire*, qui parvient à une très-grande longueur, est le géant de ces espèces nombreuses dont l'organisation est en général très-inférieure à celle des vers.

Au-dessus de ceux-ci on trouve d'autres espèces qui se rapportent aux crustacés [165*q*]; parasites des poissons pour la plupart, leur structure est très-variée. En général, ils subissent beaucoup de métamorphoses dans leur jeune âge. Dans certaines espèces, ils se déforment en restant fixés sur l'animal qu'ils sucent; les pattes s'atrophient, deviennent rudimentaires; le corps de-

vient monstrueux. Leur organisation est, au total, inférieure à celle des crustacés non parasites.

Au-dessus de ceux-ci on trouve des espèces qui sont de véritables arachnides trachéens [165*p*]; ils sont supérieurs aux précédents en organisation, mais ils restent toujours très-petits. Parmi eux nous citerons le *sarcopte de la gale*, hideux animal qui fouille la peau de l'homme et des animaux, et produit des plaies dégoûtantes où il excite d'horribles démangeaisons. Enfin, beaucoup de parasites se rapportent aux insectes [165*n*] : tels sont les poux.

Tous ces êtres ne peuvent vivre et se reproduire que sur les animaux ou dans leur corps en suçant leur substance.

[168*a*] D'autres insectes ne sont parasites qu'à l'état de larves. Arrivé à l'état parfait, l'insecte, muni d'ailes, parcourt l'air, et va déposer ses œufs dans la peau du bœuf et d'autres animaux, où ils doivent se développer.

[168*b*] Une foule d'insectes ailés, les cousins, les moustiques, etc., qui peuvent se développer et vivre sans être attachés aux flancs des animaux, les recherchent avidement pour sucer leur sang. Mais ce ne sont point de vrais parasites; ce sont des ivrognes qui boivent le sang comme d'autres, tels que les guêpes, boivent le jus de la vigne ou des fruits.

[168*c*] L'histoire du parasitisme animal est encore à faire. Raspail en a le premier compris toute l'importance. Les animaux, ainsi que l'homme, sont sans cesse exposés à être la proie d'un grand nombre de ces espèces.

Aux environs de Neubourg (Prusse rhénane), il y a une vingtaine d'années, un chasseur ayant tué un renard, se mit aussitôt en devoir de l'écorcher. Dès qu'il eut ou-

vert la peau qui était intacte, il fut fort étonné de voir que le corps de l'animal était traversé en tous sens par des milliers de vers minces comme un fil, longs de quatre à cinq centimètres, qui se mouvaient avec rapidité. Leur tégument extérieur était très-résistant; leur extrémité, très-pointue, était assez dure pour piquer la peau de l'homme comme une épingle.

Ce fait présente ceci de singulier que le renard, quoique assez maigre, ne paraissait pas avoir souffert beaucoup de la présence de ces innombrables parasites. Au moment où il fut tué, il accourait allégrement de fort loin vers le buisson où se reposait le chasseur.

[168*d*] Les papillons, les coléoptères, etc., ont aussi leurs parasites. Mais ces parasites des insectes rendent parfois de grands services à nos cultures.

C'est ainsi que la multiplication d'une sorte de petit cousin jaune (*la cécidomye du froment*) qui dépose ses larves dans les grains de blé qu'elles dévorent sur pied, est restreinte par *l'inostema punctiger*. A peu près de la grandeur de la cécidomye, mais noir, il porte une tarière plus longue que son corps, terminée en fer de lance. A l'aide de cet instrument, il dépose ses œufs dans les enveloppes du blé où les cécidomyes ont placé les leurs. Et les larves du *punctiger* dévorant celles de la cécidomye, le blé se trouve préservé.

[168*e*] On a vu que certains êtres dont la nature végétale est d'ailleurs douteuse selon nous, sont parfois parasites des animaux [160*b*]. Et l'on voit ici que beaucoup d'insectes sont parasites des végétaux.

De même qu'un insecte parasite détermine chez certains acéphales la production des perles [163*i*], les parasites déterminent souvent par leur présence sur les végétaux,

des productions diverses dont plusieurs sont très-utiles.

La *noix de galle*, entre autres, que l'on trouve sur les feuilles des chênes, est l'effet de la présence d'une larve parasite.

La piqûre faite par le *cynips* pour déposer ses œufs dans le parenchyme de la feuille détermine une sécrétion qui forme cette excroissance où la larve puise ensuite sa nourriture.

Or, la noix de galle fournit en abondance, à l'aide d'une préparation très-simple, un acide organique ternaire [158r], le *tannin*, très-employé dans les laboratoires de chimie, employé également en pharmacie, et qui sert à la fabrication de l'encre.

Mais il paraît résulter d'observations et d'expériences récentes que la truffe est également due à l'action d'un parasite sur certains chênes.

Les naturalistes étaient en doute sur la nature de cette production adorée des gourmands, et que l'on recueille à l'aide des cochons, qui l'adorent également, et indiquent sa présence en fouillant la terre avec leur groin.

Les truffes ne se trouvent que dans certaines terres calcaires au pied des *chênes verts* et des *chênes blancs*. On avait remarqué que dans les bois où se rencontrent les truffes on observait toujours certaines petites mouches nommées *tipules*, dont il existe plusieurs espèces.

On est arrivé à conclure que les tipules, pénétrant dans le sol, piquent les fibrilles de ces chênes pour y déposer leurs œufs, et que cette piqûre détermine la formation de la truffe, comme la piqûre d'un autre insecte détermine la formation de la noix de galle.

Au reste, lorsque les noix de galle sont abondantes sur les chênes truffiers, on est assuré d'une mauvaise récolte

de truffes ; ce qui confirme la nouvelle théorie, car il est naturel que l'arbre étant épuisé par la formation des noix de galle sur les feuilles, ne puisse en même temps fournir abondamment, par ses fibrilles, la sécrétion qui donne la truffe. .

[169] Après nous être demandé si les espèces végétales vivantes n'étaient que les termes successifs d'une série unique, nous avons trouvé, sans en déterminer le nombre, qu'à travers une foule de plantes revêtues de caractères très-mélangés, elles semblent former plusieurs séries ascendantes distinctes, et que, entre ces séries distinctes, il existe un grand nombre d'*ambigus*, c'est-à-dire d'espèces intermédiaires.

A l'égard de la Faune (1), nous nous poserons ici la question parallèle : Les espèces animales vivantes forment-elles une série unique ?

Non, évidemment.

Sans chercher à en déterminer le nombre, on voit clairement qu'il existe plusieurs séries animales, plus distinctes certes que les séries végétales, et qui sont formées chacune des développements successifs de types différents. Et l'on voit aussi, comme chez les végétaux, que certaines espèces empruntent des caractères de séries distinctes.

Depuis une trentaine d'années, par suite des découvertes des naturalistes, le nombre de ces espèces *ambiguës* a tellement augmenté, que beaucoup d'esprits vont

(1) La population animale d'un pays, d'une zone de la terre, se nomme la *Faune* de ce pays, de cette zone. La *Faune*, sans qualificatif, signifie la population animale de tout le globe [162e].

même jusqu'à douter de l'existence des séries distinctes. Cette réaction est exagérée, et elle est produite par l'impossibilité de concilier l'hypothèse de la *fixité des espèces* avec les faits aujourd'hui connus.

Mais nous montrerons que l'existence des ambigus, incompatible avec l'hypothèse susdite, ne l'est nullement avec l'existence des séries distinctes; qu'elle est, au contraire, une conséquence du développement sériel des types.

[169a] Nous avons bien souvent employé ces expressions : *genre, espèce*. Et voici que nous faisons allusion à l'opinion professée par beaucoup de naturalistes, que *l'espèce est chose fixe*.

Nous ne saurions donc poursuivre ces études avec le degré de clarté nécessaire, sans chercher à reconnaître exactement quelle signification on attache à ces expressions.

Quand nous voyons, l'un à côté de l'autre, deux végétaux ou deux animaux très-différents, comme un chou et un pommier, un cheval et un chien, nous disons sans hésiter qu'ils ne sont pas de la même espèce. Et quand nous voyons ensemble deux hortensias roses, deux chiens caniches blancs, nous disons sans hésiter qu'ils sont de la même espèce.

L'idée d'espèce est donc une idée de similitude.

Mais de quel degré est cette similitude? Faudra-t-il, pour que nous reconnaissions une parité d'espèce, que deux individus soient entièrement semblables de tous points comme les deux caniches blancs? Un king's-charles et un chien de berger sont-ils de la même espèce? Un chien de berger est-il de la même espèce qu'un loup, auquel il ressemble plus, à coup sûr, qu'au king's-charles?

« On a appelé *espèce* toute collection d'individus semblables qui furent produits par d'autres individus pareils à eux. »
LAMARCK.

« L'espèce est la réunion des individus descendus l'un de l'autre ou de parents communs, et de ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux. »

CUVIER.

Ces définitions qui satisfont les naturalistes — preuve qu'en général ils ne se piquent pas de la même rigueur que les mathématiciens — supposent que tous les individus d'une même espèce se ressemblent, chose facile à croire et contredite cependant par l'espèce *chien*, où une foule d'individus se ressemblent très-peu; mais elles ne définissent pas le degré de ressemblance qui doit faire ranger deux individus d'origine inconnue dans une même espèce, et ce degré de ressemblance, *sur lequel on ne s'accorde pas*, est cependant la chose essentielle. Car enfin, quand nous voyons enchainés l'un près de l'autre deux animaux dont l'origine nous est inconnue, un chien de berger fauve et un loup fauve, nous ne savons pas s'ils descendent de parents communs; nous voyons seulement qu'ils ont une ressemblance extrême, et nous pourrions même voir enchainé à côté d'eux un animal sorti de la même mère que le chien de berger, mais issu d'un bouledogue ou d'un carlin, et différent de son frère beaucoup plus que son frère n'est différent du loup.

L'appréciation du degré de ressemblance qui doit faire ranger deux individus dans une même espèce est, en réalité, abandonnée au tact et au caprice des naturalistes.

Il serait parfaitement inutile au lecteur de connaître leurs diversités d'avis à ce sujet. Pour montrer combien l'idée d'*espèce* est incertaine, il nous suffira de dire que

plusieurs naturalistes ont soutenu que le loup était le type originaire de tous les chiens, dogues, caniches, king's-charles, etc., etc.

Remarquons bien que n'importe quelle définition on donne de l'*espèce*, cette unité supposée n'a pas une valeur égale entre toutes les espèces, c'est-à-dire que les différences d'une espèce à l'autre dans un même *genre* ne sont pas à beaucoup près toujours égales. Le chien de berger et le loup, par exemple, se ressemblent beaucoup plus entre eux qu'ils ne se ressemblent avec le chacal. Bien plus, le chien de berger ressemble au loup, espèce considérée comme différente par la plupart des naturalistes, beaucoup plus qu'il ne ressemble au king's-charles, simple variété de l'espèce chien, selon ces mêmes naturalistes.

[169*b*] En définitive, l'idée d'*espèce* n'est pas une idée nette, tant s'en faut; c'est-à-dire que le degré de similitude qu'elle fait concevoir n'est pas défini et limité, par cette expression, d'une manière précise. L'idée de *genre* n'est pas mieux définie. L'histoire de la science nous montre que certaines formes animales et végétales ont été tour à tour considérées comme des espèces, ou des genres, ou des *sous-genres*, autre division bâtarde impossible à définir.

L'*espèce* étant l'unité fondamentale des classifications animales comme des classifications végétales, on comprend que toutes les incertitudes qu'entraîne le manque de précision et d'égalité uniforme de cette idée dans la théorie des classifications botaniques, doivent se représenter dans la théorie des classifications zoologiques.

Concluons donc que les classifications n'ont, à aucun point de vue, ce caractère de rigueur sans lequel nul

procédé, quelque ingénieux qu'il soit, ne peut mériter d'être appelé scientifique.

Quant à la prétendue *fixité de l'espèce*, nous avouons ne pas comprendre facilement qu'on puisse la soutenir, car l'observation scientifique qui, sur ce sujet, ne date que d'un demi-siècle, la nie plutôt qu'elle ne la prouve; et au point de vue de la logique, comment peut-on affirmer, d'une unité tellement vague et inégale qu'il est impossible de la définir nettement et d'accord à un même moment de la durée, que cette unité maintient sa fixité à travers les siècles?....

Pour nous, cette expression *espèce* a signifié provisoirement jusqu'ici, dans cet ouvrage, la collection actuelle, à un moment donné, des individus dont les ressemblances sont telles que tout le monde y reconnaîtrait la similitude requise.

[169c] Sortant donc de l'impasse des genres et des espèces pour nous rattacher fermement à l'idée de série, nous retrouvons à l'égard des groupes définis de formes animales qui sont à nos yeux des termes successifs du développement des divers types, toutes les singularités que nous avons trouvées entre les groupes définis de formes végétales. Certains groupes qui au point de vue de la série ne représentent qu'un même terme de développement, contiennent un nombre immense de formes très-voisines, tels que le groupe chien, loup, renard, chacal, etc., tandis que d'autres termes des séries de vertébrés ne contiennent qu'un petit nombre de formes voisines, tel que le groupe chameau.

Que signifient ces irrégularités de la série? comment se sont-elles produites?

Sont-elles le résultat d'un plan systématique de créa-

tion? ne sont-elles que le résultat d'un ensemble de causes?

Telle est la belle et vaste question qui se pose nécessairement à l'esprit humain relativement aux séries vivantes et à leur forme.

[169d] Mais il faut prendre garde que la notion de série ne conduise à de nouvelles erreurs.

La nature produit tout par séries... disent les uns.

Les procédés qu'emploient la nature... disent les autres.

Il semble résulter de ces expressions que la nature est une personne, une intelligence douée de réflexion, ou du moins l'exécutrice des volontés d'une autre intelligence.

Selon nous, la nature est l'ensemble des réalités actuelles. Tout au plus, est-elle l'ensemble des réalités de tous les temps et des lois selon lesquelles ces réalités ont été, sont et seront.

Mais tout cela ne constitue ni une personne ni une intelligence douée de réflexion.

Il ne faut pas mettre d'un côté les œuvres de la nature et de l'autre la nature : la nature est une œuvre et non point une personne.

Chassons toutes ces personnes, paganisme de la science ; écartons tous ces agents d'affaires [18], et mettons-nous face à face avec l'affaire. Destituons tous ces directeurs des forces et marchons droit à la force.

Quand nous entendons un professeur s'écrier : *La nature, dans son admirable prévoyance, a fait ceci, a fait cela...* nous ne pouvons retenir un sourire, et nous disons : En voilà encore un qui prend pour de l'esprit, pour un choix fait par sa *nature*, quelque conséquence nécessaire et inévitable de l'action des forces qu'il ne sait distinguer.

Oui, dans tous les cas où l'on bavarde de prévoyance admirable, c'est parce que l'on ne sait pas démêler et reconnaître le caractère de *nécessité, de conséquence inévitable* qui ôte tout l'admirable d'une prétendue prévoyance qui n'existe pas.—Nécessité autrement grandiose et merveilleuse que le perpétuel tripotage de leur *nature*.

Nous ne laisserons pas ignorer plus longtemps au lecteur la conclusion à laquelle il sera conduit invinciblement par la suite de ces études.

La multitude des vivants, telle qu'elle est, se présente à nous non comme l'exécution d'un plan suivi rationnellement, mais comme un résultat historique, c'est-à-dire le résultat continuellement modifié d'une multitude de causes qui ont agi successivement, et où chaque accident, chaque irrégularité, représente l'action d'une cause.

Le plan — dans le sens que donnent ici à cette expression ceux qui l'emploient — le plan n'existe pas; ce n'est qu'une apparence. Les forces agissent nécessairement, aveuglément, et de leur concours résultent les êtres. Croire que la nature agit selon un plan sériel serait une erreur. La série est un résultat, et non une idée de la nature : elle est la nature elle-même.

Cependant l'esprit aperçoit avec la plus grande évidence que si les forces de l'univers agissent continuellement sur le globe de la même manière pour modifier les organismes, leur œuvre devrait constituer une série complète et parfaitement graduée.

Comment donc se fait-il que les œuvres que nous voyons ne constituent qu'un assemblage de tronçons de séries très-inégales et bouleversées, où l'on a peine à reconnaître les jalons de séries exactes, quoique, vues d'ensemble, la végétation et l'animalité montrent

dans plusieurs directions un ordre sériaire croissant.

Nous verrons ailleurs comment se sont produites ces irrégularités des séries.

QU'EST-CE QUE LA VIE ?

[170] Notre but est de rechercher ici, d'après les faits que nous connaissons, quelle idée nous devons nous faire de la vie.

Pour la plupart des savants, la vie est une force fondamentale, originaire et spéciale, comme l'attraction [21] et comme la cause inconnue [22] des phénomènes caloriques, lumineux, magnétiques, électriques et chimiques. Il y aurait donc ainsi dans l'univers trois forces générales ou causes premières. Selon cette théorie, les phénomènes si variés de la physiologie végétale et animale seraient les effets de cette force vitale primitive; de sorte que, la cause cessant, tous les effets devraient cesser à la fois.

Dès l'origine de mes études, un fait saisissant m'a montré la fausseté de cette doctrine.

Je débutais dans l'anatomie. On avait apporté à l'amphithéâtre le corps d'un charpentier tombé d'un échafaudage et conduit à l'hôpital; il avait succombé en peu d'heures. C'était un homme d'environ trente ans, d'une forte constitution, avec d'épais cheveux noirs. Il paraissait avoir été récemment rasé; son menton avait ce ton bleuâtre fréquent chez les méridionaux. Au milieu de plusieurs *sujets* (1) hideux, grimaçants, et déjà décom-

(1) Le langage des écoles d'anatomie appelle ainsi les cadavres destinés aux études.

posés, ce mort était majestueux et superbe; je l'avais contemplé longtemps. On me dit qu'il était réservé pour des démonstrations opératoires, dans un concours, je crois.

Une semaine s'écoula sans que je revisse le charpentier. Arrivé un matin, de bonne heure, dans un cabinet de dissection, je l'aperçus, et je m'avançai jusqu'à la table sur laquelle il était étendu.

Certes, peu d'événements ont laissé dans ma pensée d'aussi profondes traces que la vue de ce cadavre, alors.

Sa barbe, épaisse et noire, avait poussé démesurément...

L'idée horrible qu'il avait vécu enfermé nu et sans secours dans le caveau de l'école, depuis le jour où on l'y avait porté, et qu'il y était mort enfin d'abandon et de froid, me vint d'abord. Cependant, un seul regard jeté sur le cadavre révélait un état de décomposition qui attestait que la mort remontait sans aucun doute au moins à huit jours.

Mais alors, comment la barbe avait-elle pu pousser?

J'allai à la recherche d'un autre élève matinal que j'entendais dans une salle voisine; je lui fis part de cette observation qui me paraissait étrange, fantastique.

Mon camarade, qui passait pour un garçon très-fort, sourit, et me dit que c'était tout simple, que cela se voyait chez tous les cadavres, que la barbe, les cheveux et les ongles continuent à croître longtemps après la mort.

— Mais, repris-je, comment explique-t-on une chose si extraordinaire... puisque l'homme est mort?...

— D'abord, dit-il, ça n'est pas du tout extraordinaire, puisque je vous dis que cela arrive chez tous les cadavres. Et ensuite, que voulez-vous?... C'est la nature qui fait

cela. Du reste, ça n'a aucune importance en médecine. Que les cheveux poussent ou ne poussent pas, par une cause ou par une autre, qu'est-ce que cela nous fait quand le malade est mort?

Je fouillai les livres sur ce point ; ils m'en dirent à peu près autant que mon camarade. Quant à moi, j'osai conclure autrement que lui et ses auteurs : je conclus qu'*après la mort de l'homme l'appareil pileux vit encore*, et que, par conséquent, les savants se trompaient sur la nature de la vie. Mais il a fallu vingt ans d'étude pour justifier à mes propres yeux la théorie rationnelle dont je vais tracer ici le sommaire.

[170a] On a vu [164g] que l'organe respiratoire, bien qu'en relation étroite avec les autres organes principaux, est doué d'une vie propre, et qu'après que le reste de l'être est mort, il peut fonctionner, vivre encore quelques instants.

On a vu [164e] que l'appareil circulatoire est également doué d'une vie propre et jusqu'à un certain point indépendant de la vie du reste de l'animal.

On a vu [164p] que l'élément fondamental universel des animaux, comme des végétaux, c'est la cellule ; que la cellule apparaît nettement dans les os, les nerfs, la lymphe, le sang, les muscles ; que dans ces trois derniers systèmes de l'organisme on peut suivre l'apparition, le développement et la disparition des éléments cellulaires : globules et fibrilles (1).

(1) On a réussi récemment à séparer les fibrilles microscopiques des muscles, de manière à en compter le nombre exact. Un même muscle a donné, chez une jeune grenouille, 1,053 fibrilles ; et, chez une grenouille adulte, 5,711 fibrilles. D'autres expériences ont montré que, lorsque l'animal maigrit, une partie des fibrilles disparaissent.

On a vu que chacune de ces sortes de cellules a des propriétés spéciales (absorption d'oxygène par les globules, contraction des fibrilles, etc.); que, chez elles, ces propriétés sont indépendantes de la vie du reste de l'animal, puisqu'elles se manifestent chez elles après la mort de l'animal, après qu'elles ont été séparées de l'animal [164f] [164m].

[170b] De ce qui précède nous concluons qu'un animal complet, tel que le cheval, est formé de plusieurs systèmes vivants, définis, distincts, c'est-à-dire dont la vie est indépendante jusqu'à un certain point; et que chacun de ces systèmes vivants, ou organes, est composé lui-même d'un nombre immense de petits êtres cellulaires doués d'une vie tellement individuelle, qu'ils peuvent varier énormément de nombre, comme les globules du sang et les fibrilles des muscles, sans que l'être total, le cheval, par exemple, ait cessé de vivre. — Absolument comme une cité où le nombre des habitants peut varier d'un jour à l'autre.

A moins de circonstances spéciales, ces systèmes distincts meurent successivement, et le système organique pileux survit à tous les autres; il continue à fonctionner après tous les autres : il meurt le dernier.

[170c] Bien loin que ce soit une force particulière, la vie, qui cause les phénomènes divers dont un animal complet est le théâtre, ce sont ces phénomènes variés qui, par leur ensemble, forment la vie de l'animal.

Ainsi la vie, considérée dans l'animal complet, nous apparaît comme un effet et non comme une cause; c'est-à-dire que sa vie totale est la résultante de la vie individuelle de tous ces millions de petits êtres cellulaires vivants dont il est presque entièrement composé. — Abso-

lument comme la puissance d'une cité est la résultante des forces, des richesses et de l'énergie de ses habitants.

Ainsi, pour nous rendre compte de la nature de la vie, — non plus de la vie totale d'un animal complet, mais de la vie prise en soi et à son origine — c'est à la cellule vivante élémentaire, de l'ordre des globules du sang et des fibrilles musculaires, que nous devons remonter.

Ainsi, comme nous le disions au commencement de ce livre [157], c'est dans la cellule vivante élémentaire qu'est contenu le *mystère de la vie*.

ANALOGIES ET DIFFÉRENCES.

[171] Nous l'avons déjà dit à plusieurs reprises, aucun des sujets de ce livre n'a dû être traité au point de vue de ce qu'ils offrent de curieux ou d'amusant, et dans ce court chapitre de *comparaisons entre les végétaux et les animaux*, on ne trouvera que ce qui tend au but général de l'ouvrage.

Comme fait dominant, tous les physiologistes remarquent d'abord que les corps des êtres vivants, composés essentiellement de parties molles, contiennent en outre des liquides et des gaz; et les êtres vivants les plus élevés en organisation contenant en outre des parties plus ou moins solides, et même des parties très-dures, on voit que, chez eux, la matière se présente à la fois à beaucoup d'états divers, chose qui ne s'observe qu'en eux.

Dans les deux classes d'êtres, un grand nombre parmi les moins parfaits sont privés de parties dures; mais aucun n'est privé des parties molles et réduit à des parties dures.

En définitive, c'est à l'existence des parties molles, imprégnées de liquides et contenant des gaz, qu'est liée la vie.

Dans nos climats, l'époque où la vie sommeille chez les végétaux est celle où ils ne présentent presque plus de parties molles ; au contraire, l'époque de leur activité vitale coïncide avec la saison où ils présentent une grande masse de parties molles.

[171a] De part et d'autre, l'existence des parties dures constitue une condition de la résistance des êtres aux causes de destruction.

C'est ainsi que l'accumulation du ligneux [158r] dans le tronc, les branches et les racines de l'arbre, lui donne la stabilité nécessaire pour résister aux vents, aux torrents, et à une multitude de causes destructrices qui broient les plantes inférieures réduites à des parties molles.

C'est ainsi que l'accumulation des sels calcaires dans le composé quaternaire qui forme le test des coquillages et des crustacés, ainsi que les composés solides particuliers qui forment les enveloppes des insectes, établissent pour eux une protection efficace contre beaucoup de causes destructrices.

En outre, chez les animaux, les parties dures donnent une grande puissance aux mouvements de locomotion et une grande énergie à l'action extérieure.

Il est vrai que le test des coquilles univalves est réduit d'ordinaire à des fonctions protectrices. Mais aussitôt que l'enveloppe solide s'organise davantage, ne fût-elle composée que de deux parties articulées, comme chez l'huitre, elle devient à la fois protectrice et locomotrice [163i].

Enfin, lorsque le système solide s'organise plus encore, comme chez les poissons, et à plus forte raison les rep-

tiles, les oiseaux, etc., il devient à la fois instrument de résistance aux causes destructrices, organe locomoteur et moyen d'action puissante sur les choses et les êtres.

Parmi les animaux réduits à des parties molles, beaucoup sont doués de fonctions plus nombreuses que certains testacés univalves, et surtout bivalves; mais leur résistance à l'égard des causes destructrices est diminuée en proportion de ce qu'ils ont de plus comme facultés de mouvement ou d'action sur le monde extérieur.

[171*b*] Dans les deux classes d'êtres, on trouve le même élément anatomique fondamental : la cellule. De part et d'autre, on trouve la cellule sous deux formes : 1° vésiculaire, comme dans beaucoup d'organes des végétaux supérieurs, les globules du sang, les cellules des os, etc. ; 2° tubulaire, comme dans les fibres des végétaux, les fibrilles des muscles, les tubes des nerfs.

Certains premiers termes des séries végétales montrent ces deux formes séparées, ou plus particulièrement reproduites par certaines espèces : la vésicule chez les bissus, le tube chez la conferve; mais dès que l'organisme s'élève, les deux éléments, vésicule et tube, se combinent.

[171*c*] L'étude de la nutrition nous a montré la plante absorbant l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'eau, et probablement aussi une certaine quantité d'azote.

Car il résulte des expériences de M. Boussingault que, dans plusieurs cas, les plantes recueillies sur une étendue donnée de terrain contenaient une quantité d'azote très-supérieure à celle qui avait pu leur être fournie par les fumiers. Faut-il croire que tout cet excédant était emprunté aux imperceptibles combinaisons nitreuses et ammoniacales de la terre et de l'air? Ne faut-il pas croire

plutôt qu'une certaine quantité d'azote de l'air peut être absorbé directement dans les organes respiratoires des plantes, comme l'oxygène de l'air est absorbé directement dans les organes respiratoires des animaux ?

De cette manière serait complétée l'inversion d'échange de substance atmosphérique dans les deux classes d'êtres :

La plante absorbant dans l'atmosphère de l'acide carbonique, de l'ammoniacque, de l'eau, de l'azote, et lui restituant de l'oxygène ;

L'animal exhalant dans l'atmosphère de l'acide carbonique, de l'ammoniacque, de l'eau, de l'azote, et lui empruntant de l'oxygène.

Quoi qu'il en soit, et sauf l'exception obscure relative à l'azote, les aliments de la plante ne sont pas des corps simples. Ces aliments sont des composés binaires que la plante combine et transforme en composés organiques ternaires et quaternaires.

Quant à l'animal, il absorbe l'oxygène, l'eau, et emprunte une grande partie de ses aliments aux composés ternaires et quaternaires préparés dans l'organisme végétal ou animal.

On a coutume de dire que la plante emprunte exclusivement ses aliments aux substances inorganiques.

Cependant, on ne peut restreindre la qualité de *composé organique* aux substances qui ne se forment que dans l'organisme ; car il faudrait excepter de la classification des composés organiques un très-grand nombre de produits de l'organisme qui peuvent être formés de *toutes pièces* [158r].

Appellera-t-on ainsi, sans exception, tous les composés qui sont formés par les organismes ?

Alors, l'acide carbonique, l'ammoniaque et l'eau figureront à ce titre parmi les produits organiques, et on devra dire que la plante, comme l'animal, se nourrit de produits organiques.

En résumé, nous sortirons encore ici des classifications et des casiers ; nous dirons : La plante se nourrit de composés binaires et, peut-être, aussi d'une substance simple ; l'animal se nourrit d'une substance simple, d'un composé binaire et de composés ternaires et quaternaires.

[171*d*] Il y a donc chez les vivants un échange de matière entre eux et le monde extérieur.

Ce phénomène général de l'échange présente, dans les deux classes d'êtres, beaucoup de gradations. Et il présente une grande différence d'intensité quand on le compare chez un végétal et un animal des plus parfaits, chacun dans sa classe.

Chez le végétal, l'échange est incomplet. L'être absorbe une masse de matière plus grande que celle qu'il restitue.

Chez l'animal, l'échange est complet. L'être restitue une masse de matière égale à celle qu'il absorbe.

Et cette différence dans l'intensité du phénomène est d'autant plus remarquable qu'à égalité de poids, un animal, en un temps donné, absorbe une masse de matière incomparablement plus grande que la masse absorbée par un végétal.

L'excédant de matière absorbée sur la matière restituée constitue chez le végétal un emmagasinement continu qui le fait croître : de même qu'un pareil excédant fait croître le jeune animal, c'est-à-dire, l'animal encore incomplet, en ce sens qu'il n'est pas parvenu à son développement final.

Si maintenant nous cherchons ce que deviennent, de part et d'autre, les substances absorbées par l'animal et le végétal complets, nous voyons que, sauf probablement pour les os, aucune des molécules qui composent l'animal à un moment donné ne demeure à perpétuité en lui. Chacune d'elles, après un séjour plus ou moins long dans les organes, est expulsée lorsque son fonctionnement vital est épuisé.

Tandis que, chez le végétal, une très-grande partie des molécules qui ont servi à la vie reste à jamais fixée dans les organes après que leur rôle vital est terminé. Ce sont ces molécules à jamais fixées qui constituent le ligneux, le *bois* du végétal.

Le phénomène d'échange se produit donc dans toute ou presque toute la masse de l'animal, tandis qu'il ne se produit que dans une partie de la masse du végétal.

[171e] Il en résulte que le végétal des espèces les plus parfaites s'accroît indéfiniment jusqu'à un certain point, longtemps après qu'il est en état de reproduire son espèce : de sorte qu'entre deux végétaux de même espèce en état de se reproduire, il existe souvent des différences de dimensions très-grandes ; tandis que l'animal des espèces les plus parfaites cessant de s'accroître après un temps déterminé pour chaque espèce, et qui coïncide sensiblement avec l'époque où il devient apte à se reproduire, il y a beaucoup moins de différence de taille entre tous les animaux d'une même espèce parvenus à l'âge de reproduction, qu'entre tous les végétaux d'une même espèce parvenus à l'âge de reproduction.

Et si nous considérons les séries inférieures de l'animalité, ou les rangs inférieurs des séries supérieures, nous voyons qu'un grand nombre d'espèces : coquillages,

crustacés, poissons, reptiles, emmagasinent, comme le végétal, plus qu'elles ne restituent, et qu'ainsi que le végétal elles continuent de croître bien longtemps après qu'elles ont atteint l'âge de reproduction.

Ainsi, chez les vivants inférieurs, l'accroissement des formes présente une indéfinité qui rappelle ce qui se passe chez les minéraux [136*b*].

[171*f*] A bien dire, d'ailleurs, les rameaux du végétal très-parfait, tel que le chêne, sont chacun autant d'individus entre lesquels les rameaux plus âgés jouent le même rôle, quant aux rameaux moins âgés qu'ils portent, que joue la racine relativement à la tige de première année; de sorte que l'arbre dicotylé est une *collection d'individus semblables*, tandis que l'animal supérieur est une *collection de systèmes différents*, et que, dans son ensemble, il ne peut être considéré que comme l'analogue d'un seul rameau ou tige, qui, parvenu à son complet développement, cesse d'acquérir de nouvelles parties.

De là résulte que non-seulement l'indépendance de vitalité des organes différents, que nous avons reconnue chez l'animal supérieur, existe aussi chez le végétal, car on peut couper les feuilles d'un rameau sans qu'il cesse de vivre, et les feuilles elles-mêmes, séparées du rameau, continuent pendant un certain temps à élaborer les gaz, c'est-à-dire à vivre; mais il existe entre les rameaux de l'arbre une indépendance de vitalité qui n'existe pas entre les diverses parties du corps de l'animal. Une jambe coupée à un cheval ne saurait vivre; tandis que les rameaux coupés peuvent vivre, si on les place dans des conditions convenables pour qu'ils puissent pousser des racines.

Cependant, cette différence n'existe pas dans certains rangs inférieurs de l'animalité. Les lombrics, par exemple, étant coupés en morceaux ne tardent pas à se compléter, c'est-à-dire, à se refaire les parties qui leur manquent, parce que, en effet, ces êtres composés d'anneaux semblables portent en chaque anneau séparé l'ensemble d'organes qui suffit à leur développement, de même que chaque rameau porte en lui l'ensemble d'organes qui suffit à son développement. Tandis qu'une jambe de cheval ne porte pas en elle tout l'ensemble d'organes nécessaires à sa vie.

Dans beaucoup d'espèces végétales, si l'on arrache un bourgeon, un autre bourgeon ne tarde pas à se développer. De même, les crustacés, les araignées reproduisent leurs pattes arrachées; de même, les serpents à crochets venimeux reproduisent ces crochets lorsqu'ils les ont perdus. Cette reproduction d'organes se retrouve même jusqu'à l'extrémité de la série des vertébrés; dans l'espèce humaine, il arrive parfois qu'une dent étant arrachée dans le jeune âge, ne tarde pas à se reproduire.

Cependant l'analogie du bourgeon avec la patte du crustacé et la dent du vertébré n'est pas très-fidèle, le bourgeon étant un individu, tandis que la patte et la dent ne sont que des organes.

Mais si l'on considère la reproduction de la patte et de la dent comme un rétablissement de la forme de l'animal, on trouve une analogie très-certaine chez les minéraux. Lorsque les arêtes ou les angles d'un cristal ont été un peu altérés par accident ou à dessein, si l'on plonge le cristal ainsi endommagé dans une dissolution convenable de la substance dont il est formé, ce cristal ne tarde pas à rétablir la régularité de ses arêtes et de ses angles.

Enfin, le développement des zoophytes à polypiers [165c] désignés sous le nom générique de *coraux*, offre avec le développement des grands végétaux dicotylés une analogie qui avait frappé l'imagination des anciens.

Un premier zoophyte, après s'être développé et s'être formé une enveloppe calcaire, ayant donné naissance à un rayonnement d'animaux semblables à lui, qui tous ont formé des enveloppes calcaires attachées à l'enveloppe de la mère, et cela indéfiniment, il résulte de cette agglomération une ramescence (fig. 21) dont l'ensemble rappelle beaucoup la forme d'un arbre.

Ces animaux, comme les plantes, absorbent beaucoup plus de substance qu'ils n'en restituent au milieu ambiant. Le calcaire accumulé par eux reste fixé dans les rameaux de l'agglomération des individus après que ces individus ont péri, de même que le résultat de l'élaboration végétale reste fixé sous forme de ligneux dans les cellules du tronc et des rameaux après que la vitalité s'y est arrêtée et s'est portée vers la périphérie (1) de l'arbre.

De sorte que chez les coraux les parties dures sont, comme chez le végétal, un résultat de la vitalité passée, d'où la vie se dégage et fuit vers les conditions qui lui sont nécessaires; un développement achevé qui sert de

(1) *Périphérie*, en géométrie, signifie étroitement le contour d'une surface, la surface d'un solide.

En physiologie [v. la note § 158s], cette expression a un sens plus élastique; elle signifie toujours les parties les plus extérieures d'un être vivant, mais non point réduites à une ligne ou une surface. Ainsi on dira :

La peau, les houppes nerveuses, les poils, occupent la périphérie du corps de l'animal...

Les feuilles sont beaucoup plus nombreuses à la périphérie de l'arbre aérien qu'ailleurs...

base à un développement nouveau, une forme dure et fixée sur laquelle s'entent des parties molles, des formes mobiles nouvelles. il est visible d'ailleurs que cette analogie de l'ensemble est loin d'être complète dans le détail.

[171g] En résumé, les différences de forme extérieure, de fonctions et de facultés, sont beaucoup plus grandes entre les divers types animaux qu'entre les divers types végétaux ; et le nombre des types animaux, sans qu'il nous soit possible de le préciser, est évidemment plus grand que le nombre des types végétaux, que nous ne saurions d'ailleurs préciser non plus.

[171h] On sait que dans les graines la vie sommeille : dans les œufs on observe un sommeil analogue.

De même qu'un ensemble de conditions de chaleur, d'aération, etc., fait cesser ce sommeil de l'être (*germination*) dans les graines et détermine le développement de l'embryon végétal, de même un ensemble de conditions de chaleur, d'aération, etc. (*incubation*), détermine dans les œufs le développement de l'embryon animal.

Et de même qu'en général on peut à volonté faire germer immédiatement des graines ou reculer leur développement jusqu'à un certain point, on peut jusqu'à un certain point hâter ou retarder l'éclosion des œufs.

Et ainsi que beaucoup d'animaux passent d'abord par un état de larve : ainsi certains végétaux passent d'abord par un état inférieur analogue [159h].

[171i] La science est peu avancée en ce qui concerne l'influence comparée des forces générales, pesanteur, chaleur, etc., sur les êtres vivants.

Nous savons cependant que l'action complexe de la lumière sur les végétaux est d'abord une condition nécessaire de leur élaboration. Et quoique la lumière ne soit

pas, à beaucoup près, si indispensable aux animaux, son action sur eux est très-sensible. La peau de l'homme, notamment, pâlit et atteste une énergie vitale bien moindre lorsqu'il est demeuré longtemps, un mois par exemple, dans une obscurité absolue. Et de même que les couleurs des fleurs et des fruits sont moins vives lorsqu'ils ont été privés de lumière, de même qu'une pêche rouge montrera une ligne blanchâtre correspondant à la direction d'une branche voisine qui interceptait la lumière, de même les couleurs des coquillages sont moins brillantes dans des conditions analogues. Par exemple, si une coquille est attachée à une roche de telle manière qu'une partie de sa surface soit moins éclairée, cette partie sera plus pâle que le reste.

Et de même que l'action des divers rayons [65] sur les végétaux n'est pas égale [158f], de même ces rayons colorés agissent inégalement sur certains animaux.

Des œufs d'une même mouche ayant été placés au même moment sous des cloches de verre colorées diversement, le développement des larves, après quelques jours, était fort différent. Les plus développées correspondaient au *violet* et au *bleu*, les moins développées étaient dans la cloche *verte*. L'ordre décroissant était *violet*, *bleu*, *rouge*, *jaune*, *blanc*, *vert*. Entre les larves de la cloche violette et celles de la cloche verte, il y avait une différence de plus du triple quant à la grosseur et à la longueur.

L'action foudroyante de l'électricité sur les êtres vivants est bien connue : les commotions, les convulsions qu'elle détermine chez les animaux ont été très-étudiées ; mais quant à son influence sur les végétaux, la science en est encore à l'expérience des physiiciens ambulants

qui font germer et lever du cresson aleinois en une minute dans une tabatière. Abandonnée à une germination ordinaire, même dans des conditions favorables, cette graine exige un jour ou deux pour atteindre un tel développement.

Des expériences suivies sur les influences comparées de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, et peut-être aussi du magnétisme, dans les deux classes d'êtres, sont un des nombreux sujets de recherches curieuses et fécondes qui s'offrent aux amateurs des sciences.

Presque tout cela peut s'étudier élégamment, dans un salon, avec de beaux vases sur une étagère. Et ce serait plus amusant à voir que ces indignes magotins si chers, et qui ne servent à rien qu'à exercer la maladresse des valets.

[174j] Ainsi, il existe de grandes analogies entre les deux classes d'êtres.

Les différences, plus sensibles lorsque l'on examine des êtres plus parfaits dans chaque classe, deviennent moins grandes à mesure que l'on redescend les degrés de l'organisation ; car, soit que l'on examine *l'œuf et la graine d'où sortent les espèces d'individus*, ou *les êtres cellulaires d'où s'élèvent les séries d'espèces*, les analogies ont une énergie de plus en plus saisissante.

MODIFICATIONS DES ESPECES.

[172] Vaste sujet, très-mal connu encore, sur lequel on ne s'entend guère faute d'en bien distinguer les termes, et dont nous ne prendrons que ce qui importe le plus.

Les êtres vivants sont modifiables. — Sur ce point, tout le monde est d'accord. Mais d'extrêmes divergences d'opi-

nion se sont produites quant au degré, au plus ou moins de modifications dont ils sont susceptibles.

Nous ne discuterons pas ces opinions si diverses, nous partirons de ce principe que dans les sciences d'observation tout fait bien constaté constitue un appui légitime de raisonnement. Et la conclusion de nos raisonnements sera confirmée par toutes les parties de l'ensemble scientifique dont ce livre est l'expression.

Ce sujet se divise d'abord en deux termes distincts : 1^o modifications de l'individu ; 2^o modifications de l'espèce.

Considérées dans l'individu, les modifications ont aussi deux termes : elles sont *temporaires*, ou elles sont *fixées*.

Ainsi, par suite d'une maladie, la peau d'un homme blanc devient jaune.

Ainsi, un hortensia rose planté dans de la terre de bruyère donne des fleurs bleuâtres.

Cependant, chez l'homme, la maladie cessant, l'état normal se rétablit ; il redevient blanc. Et l'hortensia replacé dans la terre franche reprend ses fleurs roses. Ces modifications étaient temporaires.

Mais lorsqu'un homme par un séjour de vingt ans dans un cachot trop bas en sort courbé pour toujours, lorsqu'un chien a les oreilles coupées, ces modifications de leurs formes sont fixées.

Les causes qui peuvent, dans l'individu, déterminer des modifications de premier degré sont innombrables ; on peut dire même que tous les êtres vivants sont constamment modifiés temporairement, car le développement et le décroissement de leur vitalité se traduisent à nos yeux par une suite de modifications temporaires.

L'influence du *milieu ambiant* [39], que nous avons déjà

rencontrée sur les formes cristallines [136p] est une cause puissante de modifications des êtres vivants. Exemples :

Beaucoup de végétaux, herbacés dans nos climats, deviennent ligneux sous les tropiques, et réciproquement;

Les feuilles de la renoncule aquatique, complètes hors de l'eau, se réduisent à leurs nervures lorsqu'elles sont immergées;

Notre mouton d'Europe, transporté sous les tropiques, perd sa laine et se couvre de poil, etc., etc.

L'éducation, qui en ce sens comprend l'habitude imposée ou volontaire, est une autre cause de modifications extrêmement efficace. Exemples :

Les clowns, les acrobates, par suite des exercices qu'ils pratiquent dès l'enfance, présentent dans le système général de leurs articulations des modifications qui leur permettent des attitudes et des mouvements absolument impossibles aux autres hommes;

Les intestins très-courts et étroits dans le chat nourri de chair, s'allongent et s'élargissent dans le chat nourri de pain et de lait.

En général, la modification chez l'individu apparaît comme un changement quelconque de forme, le plus souvent temporaire sous l'influence d'une cause, et qui, le plus souvent, cesse avec l'action de la cause, à moins qu'il ne s'agisse d'une mutilation.

Mais lorsque l'action de la cause a été prolongée longtemps, ou lorsqu'il s'agit d'une mutilation, la modification persiste après la cessation de la cause. Elle est fixée.

[172a] La modification subie ou manifestée par un individu dans le cours de sa vie ne constitue pas en lui ce qu'on appelle *variété*. L'individu modifié par une cause

quelconque n'est pas une variété, il n'est qu'un *accident*, un *cas particulier*.

La modification *congéniale* à l'individu, c'est-à-dire qu'il a apportée avec lui en naissant, par exemple lorsque la graine d'une plante à feuilles plates a donné un individu à feuilles frisées, ne constitue pas toujours une variété. Si à ces feuilles frisées succèdent les feuilles ordinaires de l'espèce, ce n'était encore qu'un accident, un cas particulier.

Mais si la modification apportée en naissant subsiste pendant toute la vie du végétal et si ses graines donnent des individus modifiés comme lui, ou si, même, les individus nés de lui présentent comme lui, au commencement, la même modification fugitive de leurs feuilles, cette différence avec le type originaire constitue la *variété*.

Dans la suite plus ou moins prolongée des générations de cet individu modifié, les altérations qui constituent la variété disparaissent quelquefois peu à peu; alors la variété était fugitive, le type n'avait subi qu'une modification temporaire, comparable aux modifications de premier degré dans l'individu.

Mais si, dans la suite des générations, les altérations qui constituent la variété persistent, elle est *fixée*; le type a subi une modification durable, comparable aux modifications de second degré dans l'individu.

C'est donc par la génération que la modification doit passer pour atteindre le type de l'espèce. Toute modification qui ne s'est pas maintenue et transmise dans les obscurités de la transmission de l'être, n'est pas un caractère suffisant pour établir une variété. Toute modification du type, qui a été transmise par génération, est un caractère suffisant pour constituer une variété de

premier ou de second degré, selon qu'elle se perpétuera pendant un petit nombre ou un grand nombre de générations.

Nous reconnaissons donc une série croissante de quatre degrés de modifications :

Premier degré : temporaires dans l'individu ;

Deuxième degré : fixées dans l'individu ;

Troisième degré : temporaires dans le type de l'espèce (variété fugitive) ;

Quatrième degré : fixées dans le type de l'espèce (variété permanente).

[172*b*] Nous ne discuterons pas ici la question de savoir si les modifications de premier degré peuvent, en certains cas, se transmettre par génération, et se transformer directement en modifications de troisième degré, lorsque la reproduction a lieu pendant que les reproducteurs sont modifiés temporairement.

Mais nous montrerons comment des modifications de deuxième degré sont élevées au rang de modifications de troisième degré.

Premier exemple : Nous avons vu fixer en une dizaine d'années chez une race de canards blancs un caractère d'abord accidentel.

Dans l'origine, une femelle de cette variété blanche avait montré quelques plumes hérissées sur la tête, un commencement de huppe. On s'était appliqué à recueillir ses œufs ; plusieurs individus huppés en étaient provenus, on avait tué tous les autres. Dans les premières couvées qui suivirent, la plupart des jeunes n'avaient point de huppe : on les faisait rôtir. Plus tard, le nombre des huppés l'emporta ; et, à la fin, l'absence de huppe était une exception rare chez les jeunes canards de cette race.

Deuxième exemple : Non loin d'ici (Prusse rhénane), un cultivateur ayant eu jadis un coq né sans queue, il en résulta quelques poules sans queue. Il tua successivement tous ceux de sa basse-cour qui n'offraient pas cette bizarrerie, et aujourd'hui il jouit d'une race de coqs et de poules sans queue. C'est affreux, mais c'est son goût.

Troisième exemple : A coup sûr, l'acte de rapporter le gibier n'est pas naturel au chien ; cette modification de ses instincts, dans l'origine, n'a été obtenue qu'à force de soins et de corrections sur des individus très-dociles. Or, après avoir été longtemps continuée et maintenue sur les individus, cette modification a atteint le type : elle s'est élevée au rang de troisième degré.

Il existe en ce pays même, pays de bonne chasse et de bons chasseurs, deux familles différentes de chiens d'arrêt, où, dès l'âge de six mois, tous les petits d'une même portée ont non-seulement quêté, arrêté ferme la première pièce qu'ils ont éventée, mais entendu pour la première fois le coup de fusil sans frayeur et rapporté sans difficulté (l'un d'eux même sans y être convié) le premier perdreau qui a été tué à leur arrêt.

Mais cette modification est encore instable, car tandis que tous ceux de ces chiens qui ont été habituellement conduits à la chasse ont perfectionné leur talent de rapporteurs, une superbe chienne, après avoir à huit mois fait tous les devoirs d'un vieux chien : quête, arrêt et rapport à ses deux premières chasses, n'ayant pas chassé depuis deux ans, a perdu l'instinct du rapport, sans cesser de quêter et d'arrêter de la plus noble manière. En ce moment il faut que l'éducation lui rapprenne ce que l'instinct lui faisait faire à huit mois.

Ainsi, chez cette famille de chiens, l'instinct est défi-

nitivement modifié en quatrième degré pour ce qui concerne la quête en zigzag et l'arrêt ferme, mais il ne l'est encore qu'en troisième degré pour ce qui concerne le rapport (1).

Quatrième exemple : « Les Égyptiens font éclore artificiellement des œufs dans des fours construits à cet effet, et cette coutume est si ancienne que la nature s'est à peu près inclinée devant elle. Ainsi, les poules et les oies écloses dans ce pays ne couvent pas; elles pondent des œufs tout à fait mûrs et capables de reproduction, mais elles abandonnent le soin de les couvrir aux habitants. Cette bizarrerie n'est point particulière au climat, car les poules d'Europe apportées à Alexandrie ou au Caire par des Européens, n'ont pas abandonné leur mode naturel d'incubation. »

ZIMMERMANN.

Cinquième exemple : Nous n'hésitons pas à rapprocher des exemples qui précèdent, les faits mis récemment en lumière par M. Davaine.

On avait découvert, depuis longtemps, chez certains animaux inférieurs, la faculté de conserver une vie latente pendant une longue dessiccation.

D'après les recherches de M. Davaine, cette faculté est beaucoup plus répandue qu'on ne le croyait. Chez les animaux, elle paraît subordonnée à deux conditions : l'une relative à la période de développement, l'autre re-

(1) Ajoutons cette particularité bien remarquable, que la chienne dont nous venons de parler, et qui en chasse n'a jamais manifesté la moindre crainte de la détonation d'un fusil calibre 14, chargé de sept grammes de poudre, éprouvait et éprouve encore une frayeur très-grande lorsque l'on tire près d'elle un pistolet de précision chargé seulement d'un demi-gramme de poudre.

lative à l'*habitat*, c'est-à-dire aux lieux, aux milieux qu'ils habitent.

Chez l'*anguillule de la nielle*, la *filaire de Médine*, et aussi, paraît-il, chez l'*anguillule des tuiles*, la larve seule résiste à la dessiccation.

« Parmi les *rotifères*, ceux que l'on trouve dans les mousses, dans les sables des gouttières, peuvent être revivifiés par l'humidité après avoir été desséchés : ceux qui vivent dans l'eau des ruisseaux, des étangs, etc., périssent toujours par la dessiccation. »

« Les *tardigrades* des mousses, qui forment plusieurs espèces, peuvent tous subir la dessiccation sans périr, tandis qu'une espèce de tardigrade qui vit constamment dans l'eau ne se revivifie point après la dessiccation. »

« M. Davaine a trouvé dans les mousses qui sont exposées à des alternatives de sécheresse et d'humidité, des protozoaires (1), appartenant au moins à huit espèces différentes, qui tous subissent la vie latente. Cependant il n'a jamais observé cette faculté chez les protozoaires qui vivent toujours submergés. »

« Ce savant a observé des faits analogues chez des plantes inférieures qui vivent parmi les mousses, au pied des arbres et dans les lieux humides, où elles éprouvent des alternatives de sécheresse et d'humidité, tandis que les plantes d'espèces très-voisines, qui se trouvent dans les ruisseaux, périssent par la dessiccation. »

(1) Protozoaire, premier animal, animal de premier degré. Nom générique donné à un grand nombre des formes animales les plus élémentaires, infusoires, etc.

« Ces faits montrent que la vie latente, la *reviviscence*,
« n'appartient point à des groupes d'animaux organisés
« suivant un certain type, qu'elle n'est point l'attribut
« d'une famille ou d'un genre, mais qu'elle est spéciale à
« certaines espèces chez qui elle est une condition de
« propagation ou d'existence (1). »

Sixième exemple : « M. Deguise a présenté à la Société
« de chirurgie une petite fille de sept ans, dont les doigts
« annulaire et médius gauche sont réunis dans toute
« leur longueur, et qu'il se propose d'opérer. La mère de
« cette enfant présentait également une palmature dans
« toute la longueur de deux doigts de la main droite; le
« grand-père en présentait une à la main gauche et une
« au pied droit. Enfin, la grand'mère paternelle en pré-
« sentait une à la main droite et une au pied gauche (2). »

Ainsi, cette modification qui chez la grand'mère pater-
nelle, ou chez un autre ancêtre plus éloigné, n'était cer-
tainement qu'un cas particulier, une adhérence antérieure
à la naissance, une modification de deuxième degré, de-
vient, dans cette famille, une modification de troisième
degré tout au moins. Et, d'après ce qui précède, on doit
penser que si au lieu de combattre cette modification, on
alliait les individus qui la présentent, on arriverait à une
variété d'hommes et de femmes palmés [166f].

[172c] Nous venons de dire que la palmature de cette
famille avait dû être dans l'origine un cas particulier, une
sorte de monstruosité congéniale d'un de leurs ancêtres.

Il arrive fréquemment, en effet, dans toutes les séries
de vivants, que des individus naissent affectés de modifi-

(1) Ami des Sciences, 1^{er} mars 1857.

(2) Idem, 26 avril 1857.

cations particulières, plus ou moins profondes, du type auquel ils appartiennent. Et dans un grand nombre de cas, ces modifications ont le caractère de deuxième degré, c'est-à-dire qu'elles sont à jamais fixées dans l'individu qui en est porteur.

Parmi les modifications dont la cause est antérieure à l'éclosion de l'être, nous citerons ce fait bien connu des jardiniers : que pour beaucoup d'espèces les graines des divers rameaux d'une plante ne donnent pas des individus absolument identiques, c'est-à-dire que certaines modifications différentes affectent généralement les produits, selon qu'ils proviennent, par exemple, de graines recueillies au sommet de la tige ou de graines recueillies sur les branches inférieures.

Il est surtout indubitable qu'en général les plus belles graines des plus beaux individus donnent les plus beaux produits.

D'où il suit qu'en semant, d'une part, ces graines dans un terrain favorable, d'autre part, les plus mauvaises graines dans un terrain défavorable, on obtiendrait des individus fort différents pour la taille, les ramifications, le feuillage, etc. C'est en effet ce qui arrive (1).

[172d] L'*hybridation* est une cause fréquente de modification du type des espèces.

Il y a hybridation lorsque le pistil d'une fleur a été fécondé non par le pollen de son espèce, mais par le pollen d'une autre espèce (2). Dans ce cas, les produits sont

(1) M. de Frarière a fait récemment, sur ce sujet, des expériences très-intéressantes.—Ami des sciences, 9 mai 1858.

(2) On appelle *pollen* la poussière ordinairement jaune que contiennent les anthères [158h].

plus ou moins différents, à la fois, de l'individu où se sont développées les graines et de l'individu qui a fourni le pollen.

Jusqu'ici, les recherches sur ce sujet n'ont pas été faites d'une manière assez suivie et avec assez d'ensemble pour que l'on sache bien quelles sont les limites possibles de l'hybridation ; mais soit qu'on la considère chez les végétaux ou chez les animaux, on voit que ces limites sont fort étendues.

Ainsi, parmi les mammifères, le loup et le chien, le cheval et l'âne produisent des métis, et aussi, paraît-il, le taureau et la cavale, l'âne et la vache.

Parmi les oiseaux, la poule commune et le faisan, le serin et le chardonneret donnent également des métis.

Et certains poissons, disent les pêcheurs, sont des métis de truite et de saumon, de carpe et de gardon, etc. (1).

Mais la fécondité des métis est moindre que celle des espèces dont ils proviennent.

[172e] Comme exemple de modification congéniale très-profonde, et due peut-être à l'hybridation, nous citerons les faits suivants :

En 1857, MM. Joly et Lavocat ont observé et décrit un mulet *fissipède*, c'est-à-dire ayant plusieurs doigts séparés aux pieds antérieurs. En 1853, ils avaient déjà observé une *polydactilie* analogue chez une mule.

Or, la réunion de tous les doigts dans un seul sabot est considérée comme un caractère tellement important par les naturalistes, qu'ils en ont fait la base d'une de

(1) Il serait bien nécessaire et aujourd'hui bien facile d'expérimenter sur ce point.

leurs démarcations, où ils rangent les *solipèdes* (cheval, âne, hemione, zèbre, etc., etc.)

[172f] Nous voulons avancer très-vite dans ce sujet qui sera repris plusieurs fois. Nous en déterminons seulement ici les principaux termes.

Constatons, comme point capital, que de l'aveu de tout le monde, plus l'individu est jeune, plus il est modifiable. Il devient moins modifiable en avançant en âge parce que, alors, tous ses organes, ses habitudes, etc., se *fixent* davantage.

De même, plus une race d'animaux est ancienne, moins elle est modifiable, c'est-à-dire plus elle tend à conserver ses mêmes caractères dans la suite de ses générations.

On sait que les étalons dits *de race*, c'est-à-dire dans lesquels le type de l'espèce a été fixé selon certaines conditions bien définies, transmettent à leurs descendants une empreinte d'autant plus constante et caractéristique, que leur race est plus ancienne et plus pure, c'est-à-dire moins altérée par des mélanges.

Ce qu'on nomme *la race*, chez un chien, un cheval, un homme, est donc un ensemble de caractères de quatrième degré; mais ces caractères ne sont pas, comme dans la variété, des modifications qui éloignent fortement du type sous un rapport isolé: ce sont des perfectionnements de toutes les parties du type, même des développements ou des amoindrissements de certaines parties du type sans sortir du type.

La race est même l'opposé de la variété; c'est-à-dire que chez l'animal, par exemple, la forme, la couleur, les attitudes, l'énergie musculaire, l'ardeur du sang, la délicatesse et la puissance nerveuse, l'instinct, l'intelli-

gence, etc., ont été par une longue suite d'alliances entre individus qui les présentaient en un certain mode, constitués et fixés selon ce mode dans la race. De telle manière que les produits de cette race seront moins aptes à varier que les produits d'animaux de la même espèce, mais où les caractères de race n'existent point.

[172g] Les différences de milieu, l'éducation ou habitude, les alliances, d'autres causes enfouies dans les obscurités de la transmission de l'être, et enfin surtout le temps pendant lequel ont agi les causes modificatrices, et la répétition de leur action, voilà donc ce qui régit visiblement les modifications de l'individu et les élève sous nos yeux au quatrième degré qui constitue la variété fixe, et à cette autre particularité si saisissante, où tous les aspects de l'être sont élevés à une précision extrême, et que l'on nomme *la race*.

Et lorsque, en présence de ces faits, tant d'auteurs parlent de la fixité des espèces, « de la conservation perpétuelle de leur structure, » sur quoi se fondent-ils ?

Ils se fondent d'abord sur ce que les métis ayant beaucoup moins de fécondité que les individus d'espèce pure, leur intervention, disent-ils, est perpétuellement annulée par la fécondité supérieure des espèces pures. Ce qui revient à dire que la race a plus d'énergie que la variété de troisième degré, rien n'est plus certain, mais ce qui ne prouve pas du tout que le métissage ne puisse, en aucun cas, avoir pour effet de donner naissance à des espèces nouvelles ; car s'il est vrai que la fécondité supérieure des races pures l'emporte de beaucoup dans le résultat définitif sur l'intervention peu féconde des métis, cela n'est reconnu vrai que pour des espèces très-élevées, comme le chien et le cheval. Mais où a-t-on fait des expé-

riences un peu rationnelles sur les métissages possibles, par exemple, entre les 560,000 espèces d'insectes ?

Ils se fondent encore sur des descriptions anciennes qui, disent-ils, se rapportent parfaitement aux espèces actuelles.

Nous contestons d'abord qu'on soit fondé à dire qu'elles se rapportent parfaitement.

Quand Aristote ou Pline nous donne une description du chêne ou de tout autre être, nous nions que cette description, qui n'est accompagnée d'aucune figure, puisse être à bon droit regardée comme suffisamment précise pour affirmer que l'espèce décrite par eux, avec le peu de rigueur qu'on y mettait alors, était exactement la même que celle que nous avons sous les yeux.

Mais supposons que ces espèces des anciens soient exactement les mêmes que les nôtres, ces espèces, décrites il y a vingt ou vingt-trois siècles, sont précisément celles qui, par leurs caractères bien accusés, ont frappé les yeux davantage, c'est-à-dire qu'elles étaient alors déjà au nombre des plus anciennes et des moins modifiables.

Et s'est-on demandé combien dans notre Europe il y a eu de générations du chêne, par exemple, depuis le chêne qu'a vu Aristote, jusqu'à celui sous lequel s'est reposé François I^{er}, et que nous voyons?... *Deux* ou *trois*, pas davantage. Car il existe beaucoup de chênes vieux de sept ou huit siècles et même plus (notamment en Bretagne). Or, d'un chêne vu à cinquante ans par Aristote et parvenu à l'âge de huit cents ans, le gland a pu fournir le chêne dont un gland a fourni le chêne de François I^{er}.

Quant aux animaux décrits par les anciens, c'étaient précisément ceux qui, par la domesticité, les usages auxquels ils sont destinés et le régime auquel ils sont

soumis de temps immémorial, ont acquis une fixité de caractères que le temps écoulé depuis lors et la continuation du même régime n'ont pu que maintenir, ou bien des animaux sauvages d'une très-petite zone du globe, des carnassiers, des solipèdes, des ruminants, des quadrumanes, c'est-à-dire, encore des êtres appartenant aux rangs les plus élevés des séries et les plus fixés, par conséquent.

Et cependant, qui donc affirmera qu'une photographie de ces espèces décrites par les anciens ressemblerait de tout point à nos espèces actuelles?

Bien au contraire, si nous nous en rapportions aux sculptures qu'ils nous ont léguées, nous conclurions de ce que nous y voyons, par exemple, leurs lions à face joviale et à crinière bouclée comme la chevelure d'un chérubin, que cette espèce a singulièrement changé de figure.

Quant aux innombrables espèces qu'ils n'ont point connues, et que nous connaissons, qui affirmera qu'elles étaient, il y a deux mille cinq cents ans, ce qu'elles sont aujourd'hui?

On n'observe les espèces inférieures avec un peu de soin, et grâce aux perfectionnements du microscope, que depuis une cinquantaine d'années, pas davantage.

Et parce que, dans ce laps de temps, on n'aurait pas saisi de changements dans les espèces, on affirmerait qu'il ne s'en est pas fait depuis Aristote, par exemple, même dans les espèces qu'il n'a pas décrites!

Et quand même il ne se serait fait aucun changement dans les espèces depuis Aristote, est-on fondé à conclure qu'il ne s'en est point fait auparavant et qu'il ne s'en fera pas demain ou dans mille ans?

Car enfin, s'il faut plus de deux mille cinq cents ans pour transformer une cellule bissiforme en une espèce végétale nouvelle bien distincte et type d'une série végétale nouvelle, qu'est-ce donc que deux ou trois mille ans en comparaison du temps que l'on accorde aujourd'hui d'une voix unanime à l'ancienneté de la vie sur le globe?

[172*h*] Dans les êtres vivants, il existe un lien étroit entre la substance, la forme et la fonction, considérées dans chaque organe. Chacun de ces trois termes tient les deux autres dans une mutuelle dépendance. Aucun de ces trois termes ne peut être modifié sans que les deux autres le soient aussitôt.

Mais les divers organes sont des êtres distincts [170*a*]; le perfectionnement de l'un n'entraîne pas nécessairement le perfectionnement des autres. Très-souvent, au contraire, le perfectionnement d'un organe entraîne l'atrophie d'un ou plusieurs autres organes.

Ce n'est donc pas en s'obstinant à comparer dans leur ensemble des êtres complexes, que l'on fera avancer l'histoire de l'organisation, mais en partant de ce principe, que les êtres sont composés de plusieurs systèmes ou organes, dont chacun est lui-même un être réellement distinct, et que, par conséquent, c'est sur chaque organe considéré isolément que doit être étudiée la suite des transformations.

Sans doute, il peut arriver que la modification d'un seul organe entraîne de nombreux changements dans les autres organes; il est même certain que toute modification d'un seul organe entraîne plus ou moins promptement des modifications nécessaires quelconques dans d'autres organes; mais la recherche des modifications consécutives, dépendantes de la *solidarité* des organes

d'un être complexe, ne peut, ne doit être entreprise rationnellement qu'après l'étude préalable des modifications successives d'un même organe considéré isolément.

Ces modifications successives d'un seul organe forment nécessairement des séries. C'est là seulement qu'il faut chercher des séries complètes, d'une précision indubitable, et non entre des êtres complexes qui appartenant à la fois à plusieurs séries distinctes ne peuvent, presque en aucun cas et sous aucun rapport, former des séries précises.

En l'état actuel des connaissances sur la végétation et l'animalité, on peut facilement reconnaître et décrire la série complète des modifications successives ascendantes, et souvent ensuite rétrogrades, d'un même organe considéré indépendamment des divers êtres auxquels appartiennent ses différents termes; on peut, par exemple, à l'aide du scalpel et du microscope décrire quelques milliers de transformations du système respiratoire ou digestif.

On connaîtra ainsi un certain nombre de séries ascendantes et rétrogrades régulières concernant chaque organe. On saura ainsi par quelle suite de transformations de son tégument une cellule élémentaire arrive à être munie d'un poumon, par quelle suite de modifications différentes une cellule élémentaire arrive à être munie d'une double circulation, etc.

On parviendra ainsi à reconnaître par quelles causes chaque modification est produite. Il suffira pour obtenir cette connaissance si importante, d'observer une contemporanéité, une relation constante entre une cause donnée (milieu, habitude, etc.) et une modification donnée.

[172i] *Une seule modification fixe d'un seul organe con-*

stitue la différence que les naturalistes appellent *sous-variété*.

Un nombre mal défini de modifications fixes d'un seul organe constitue la différence qu'ils appellent *variété*.

Un nombre mal défini de modifications fixes sur plusieurs organes constitue la différence qu'ils appellent *espèce*.

Un nombre mal défini de modifications fixes sur tous ou presque tous les organes constitue la différence qu'ils appellent *genre*, par comparaison avec un groupe différent de modifications de tous ou presque tous les organes d'un même type, formant un autre genre, ces deux genres formant une *tribu* ou *famille*, etc.

Il est indubitable que les divers systèmes organiques dont se compose un animal ou un végétal, sont des êtres distincts; tellement qu'un animal, par exemple, peut présenter dans l'organe A un perfectionnement égal à 50, et dans l'organe B un perfectionnement réduit à 10, pendant qu'un autre animal présentera dans l'organe A un perfectionnement réduit à 20, et dans l'organe B un perfectionnement égal à 60; et qu'un troisième animal présentera dans A un perfectionnement égal à 30, et dans B un perfectionnement égal à 35, etc.

Mais puisqu'il est certain que les divers organes sont des êtres distincts qui, sous l'influence d'une multitude de causes, se modifient soit isolément (jusqu'à certaines limites nullement étroites), soit consécutivement, il est bien évident qu'après que chaque système organique se sera perfectionné (ou dégradé) de l'une ou de l'autre manière dans toutes les parties du type, ce type dans son ensemble sera arrivé à une forme, à une substance, à des fonctions totalement différentes.

Et comme il sera démontré, au volume suivant, que les conditions d'existence des vivants ont varié toutes, *sans exception*, depuis l'origine de la vie sur le globe, il sera reconnu que les divers systèmes organiques ont dû constamment se modifier, et que non-seulement l'*espèce* n'est pas chose fixe, mais qu'il est mathématiquement impossible qu'elle le soit.

Qu'est-ce donc, en effet, que la variété, sinon la preuve que l'*espèce* est en voie de se modifier de diverses manières?

Qu'est-ce donc, en effet, que l'*espèce*, sinon la preuve que le *genre* s'est autrefois modifié comme aujourd'hui se modifie l'*espèce*?

[172j] Dominés par des préjugés d'éducation invincibles, retenus par des craintes peu dignes de l'esprit scientifique, les naturalistes ont jusqu'ici examiné et décrit les êtres avec plus ou moins d'art et d'exactitude; mais, sauf de rares exceptions, ils n'ont *nullement expérimenté* : ils ont été des artistes bien plus que des savants; de sorte qu'aujourd'hui encore, l'histoire naturelle est un *magasin pittoresque*, un amas confus de légendes, de romans, d'observations justes, de découvertes vraiment merveilleuses, d'aperçus pleins de génie, de systèmes faux, de règles inapplicables que l'on s'obstine à appliquer, d'exceptions innombrables auxquelles on ne comprend rien, et enfin d'articles de foi que l'on doit subir et confesser, malgré leur absurdité, si l'on veut faire son chemin et vendre ses livres. Tout cela ne forme nullement une science dans le sens exact du mot.

On a discuté à perte de vue sur les résultats obtenus depuis soixante ans par les agronomes anglais : bœufs tout viande, cochons tout graisse et viande, presque sans

os, tête et jambes réduites, etc., discussions peu concluantes.

Ce n'est pas sur des êtres appartenant aux rangs supérieurs des séries de vertébrés qu'il faut expérimenter pour juger de la puissance des causes modificatrices sur les êtres vivants : c'est sur des termes inférieurs, des protozoaires, des ambigus inférieurs.

Si les séries de modifications des divers organes étaient connues, si la théorie des causes qui déterminent ces modifications était faite, nous osons affirmer — certain d'être justifié par les travaux des savants à venir — qu'il serait facile de transformer un protozoaire donné en plusieurs espèces supérieures à lui. Il faudrait un certain temps pour cette œuvre, peut-être un siècle, peut-être deux siècles, d'autant plus de temps, à coup sûr, que l'être mis en expérience appartiendrait à un rang plus élevé par l'ensemble des modifications des diverses parties de son organisme.

Mais, par suite du peu que nous connaissons sur les propriétés de toute série, nous osons affirmer que les perfectionnements, les modifications successives d'un organe sont assujettis à des lois fixes qu'il sera facile de découvrir par l'étude même de ces modifications successives, et que la connaissance de ces lois permettra de déterminer d'avance les limites *maxima* et *minima* du temps et des conditions par lesquels un protozoaire serait transformé ; et que, de plus, la connaissance de ces lois permettra de débrouiller avec la plus grande clarté l'enchaînement des causes et la durée qui ont agi sur des organismes originaires pour les amener à l'état où nous les voyons. De telle manière qu'un jour on pourra connaître d'une manière très-approximative leur ancienneté absolue.

De telle manière, enfin, que les organismes seront non-seulement, comme aujourd'hui, des *chronologues* qui racontent l'ordre de succession des phénomènes dont la terre a été le théâtre, mais aussi des *chronomètres* qui diront *combien de temps* ont duré ces phénomènes.

[172k] En résumé, selon nous, la classification vraie, définitive, la classification scientifique ne sera pas appliquée aux individus, elle sera appliquée aux organes considérés isolément.

Son établissement offrira toutes les difficultés d'observation qui s'attachent à la poursuite des faits naturels que l'on devra recueillir; mais une fois établie, elle ne sera susceptible d'aucun doute, puisqu'elle sera sérielle. Et elle expliquera clairement l'origine, l'enchaînement, le développement historique des formes, leur parenté et leur confusion.

Sur tous ces points, nous espérons obtenir des résultats généraux très-probables par une voie purement rationnelle; mais la classification sérielle des organes les donnerait jusqu'au dernier détail avec la plus entière certitude (1).

(1) Au moment où je corrige les épreuves de ce passage, j'apprends qu'un écrivain, M. Favre, a récemment traité ce sujet dans un livre intitulé *la Série naturelle*.

Après lecture de ce livre, je reconnais que, sur la question des classifications, nous nous sommes presque de tous points rencontrés. Mais M. Favre, en se proposant de démontrer cette vérité : *une classification appliquée aux individus est nécessairement fautive et impossible; la série des fonctions et des organes peut seule être reconnue*, n'a pas recherché quels étaient les caractères et les propriétés de toute série.

Cette recherche, quoi qu'elle vaille, et les conséquences auxquelles elle peut conduire, ont dans mon livre leur point de départ rationnel.

POUVOIR MODIFICATEUR.

[173] Dans le cours de ces études, un mot est revenu sans cesse : *modification*. Le fait qu'il exprime s'est, à chaque instant, révélé sous une multitude de formes.

Toute substance nous est apparue comme une modification de la matière essentielle.

Toute cause de mouvement dans l'univers nous est apparue comme une modification d'une seule et même cause essentielle : la *force*.

Tout phénomène nous est apparu comme une modification nouvelle ajoutée au résultat de modifications antérieures.

Toute forme quelconque des choses, des êtres, ne nous a montré qu'un résultat de modifications plus ou moins nombreuses.

Depuis la combinaison des substances dites *simples*, jusqu'aux organismes les plus parfaits, jusqu'à la constitution actuelle du globe, jusqu'au système de notre univers solaire, tout révèle un enchaînement de modifications liées étroitement par des lois partielles dont plusieurs sont bien connues, dont un grand nombre sont à découvrir, mais dont on peut affirmer, dès maintenant, qu'elles dépendent toutes d'une loi générale dont chaque loi partielle n'est qu'une modification.

Déjà nous savons que les actions de la pesanteur [21] et du magnétisme [76], l'intensité du calorique *rayonnant* [39], l'intensité de la lumière [63], l'intensité du son [42], etc., sont également *inverses du carré de la distance*.

Cette formule uniforme n'est autre chose qu'un terme de la loi générale dont nous parlons.

Ainsi, *abstraitement* :

Un seul lieu : l'infini [1];

Une seule substance : la matière [5];

Une seule cause : la force [12];

Un seul phénomène : la modification;

Voilà ce que l'observation du globe et de l'univers nous fait connaître avec certitude.

[173a] Nous allons montrer ici un autre terme de la loi générale; on en verra découler d'innombrables conséquences aux *commencements de l'humanité*.

Nous exprimerons ainsi cette loi :

Tout être quelconque est le résultat d'un certain nombre de modifications antérieures et est investi d'un pouvoir modificateur à l'égard des phénomènes d'où dépendent son existence et son développement.

Ce pouvoir modificateur est sensiblement proportionnel à la *dépendance*, c'est-à-dire au nombre de modifications dont l'être est, à chaque instant, le résultat variable.

C'est-à-dire que, dans l'échelle des êtres, plus augmente le nombre des modifications antérieures et des conditions actuelles dont dépend un être, plus augmente son pouvoir de modifier ces conditions conformément à lui-même, d'une manière favorable à son développement.

Le sens des expressions : *pouvoir modificateur* et *dépendance*, ainsi fixé, on peut énoncer simplement cette loi en la forme suivante : *Le pouvoir modificateur des êtres est sensiblement proportionnel à leur dépendance*.

Je n'espère pas faire comprendre cet énoncé, ni la loi du pouvoir modificateur à première vue; mais je vais m'efforcer d'en éclaircir la notion essentielle.

Sous l'influence des forces générales : électricité, cha-

leur, etc., les minéraux les plus simples et les plus immobiles en apparence sont sans cesse modifiés.

Les végétaux, influencés plus encore, quoique autrement que les minéraux, par ces forces générales, présentent en outre des modifications d'un ordre nouveau, qui ne résultent plus immédiatement de l'action des forces générales, mais qui dépendent des modifications produites par ces forces sur les substances minérales.

A leur tour, les animaux, influencés par les agents généraux comme les minéraux et les végétaux, dépendent comme les végétaux des modifications produites sur les substances minérales, et présentent en outre des modifications de deux ordres nouveaux : 1° ils dépendent de modifications produites sur les végétaux par les agents généraux et les substances minérales ; 2° ils présentent des modifications d'un caractère entièrement nouveau (facultés de relation [164]), mais très-dépendantes des phénomènes qui les précèdent dans l'échelle de combinaison.

[173*b*] Immobiles sur la planète, soumis aux actions caloriques, électriques, magnétiques, etc., les minéraux paraissent d'abord entièrement passifs à l'égard des forces quelconques. Cependant la cristallisation [136*r*] nous a déjà montré chez eux un premier terme, bien remarquable, du pouvoir modificateur.

Mais si du minéral nous passons à l'examen du végétal, surtout du végétal complet, le chêne, par exemple, nous voyons un phénomène général de modification très-nouveau : c'est le développement varié avec tous ses termes : naissance, croissance, reproduction, caducité, mort.

Dépendant des forces générales comme les minéraux,

dépendant, en outre, des modifications que ces forces introduisent incessamment dans les minéraux qui le portent et l'entourent, ce chêne s'assimile, de tout ce qui le porte et l'entoure, tout ce qui est favorable à son développement.

Déjà si remarquable par lui-même, ce phénomène du développement varié, *en dépendance*, produit un résultat bien plus remarquable encore : c'est la faculté pour le végétal, par suite de son développement, de modifier d'une manière favorable à lui les conditions de son développement.

Ainsi, une certaine humidité du sol est nécessaire au chêne : par suite de son développement, l'eau des pluies est retenue sur ses feuilles, ses branches, son tronc, et distribuée goutte à goutte de manière à bien imprégner le sol où s'étendent ses racines.

Le chêne reçoit ainsi l'eau du ciel, en fait provision, et arrose lui-même ses racines longtemps après que la pluie a cessé. De plus, ses feuilles, tout en profitant de l'action favorable du soleil, protègent le sol contre son action desséchante; ses branches le protègent contre le vent, ses feuilles tombées l'hiver le protègent contre le froid; décomposées, elles lui fournissent de l'humus. Et plus ce chêne se développe, plus ces phénomènes se confirment.

Dépendant de tous les phénomènes inférieurs, il a donc le pouvoir de modifier ces phénomènes favorablement à lui dans une certaine mesure.

[173c] Si du végétal nous passons à l'examen de l'animal complet, un cheval, par exemple, nous voyons des phénomènes très-nouveaux : la locomotion, la puissance d'action sur le monde extérieur.

Dépendant de tout ce dont dépend le minéral, de tout ce dont dépendent les végétaux, l'équation qui représenterait toutes les modifications dont il dépend contiendrait un bien plus grand nombre de facteurs que celle du chêne. Sa dépendance est plus combinée, plus grande, mais son pouvoir modificateur est beaucoup plus grand.

Il n'a plus seulement, comme le chêne, la faculté de se développer sur place en s'assimilant ce qui lui est favorable; il a la faculté d'aller chercher ce qui lui est favorable, l'eau, par exemple. Et pendant que le chêne ne peut éviter l'incendie qui s'avance dans la forêt, le cheval peut s'enfuir. Ainsi, tandis que le chêne est obligé de subir certaines modifications défavorables du milieu qui l'entoure, le cheval peut, en changeant de place, changer, c'est-à-dire modifier favorablement à lui, le milieu qui l'entoure.

Et pendant que le chêne ne peut que modifier dans une certaine mesure ce qui le porte et l'entoure, l'animal a le pouvoir de modifier immédiatement sa constitution entière. Tous les animaux connaissent les herbes qui les purgent, et les recherchent quand elles leur sont nécessaires.

Et pendant que le chêne doit subir la morsure de l'insecte et les perforations du pic et du rongeur, le cheval chasse les insectes avec sa crinière, et se défend vaillamment contre les carnassiers, qu'il tue souvent d'un seul coup de son redoutable pied.

On pourrait construire une échelle dans laquelle la dépendance de chaque être serait d'autant plus grande qu'il serait plus complet, mais aussi le pouvoir modificateur sensiblement proportionnel à la dépendance.

GROUPEMENT DES ATOMES.

[174] Ce sujet, au premier abord, n'éveille peut-être pas beaucoup l'attention, et quelques pages ne suffiront pas à montrer combien il est digne d'étude; mais les chapitres suivants en feront mieux sentir l'importance.

On est arrivé à connaître, sans aucun doute, les proportions *pondérales* (c'est-à-dire les proportions en poids, les poids relatifs) des substances simples qui forment les molécules des corps composés dont s'occupe la chimie minérale ou élémentaire; on est même arrivé aussi à une précision plus ou moins grande dans la connaissance des proportions pondérales des substances simples qui forment les molécules d'un grand nombre de composés organiques.

Un fait capital a été mis en lumière : *entre les composés non organiques*, la différence des propriétés dépend principalement de la différence des substances simples qui les forment; *entre les composés organiques*, la différence des propriétés dépend principalement de la différence des proportions pondérales des substances qui les forment.

Ainsi, par exemple, de l'oxygène uni à du soufre forme l'acide sulfureux; de l'oxygène uni à du potassium forme un oxyde alcalin : la potasse. Les propriétés de ces deux combinaisons sont très-différentes, et leurs différences sont en rapport avec la différence substantielle du soufre et du potassium.

Tandis que du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote forment également de l'albumine, de la fibrine et une foule d'autres composés, dont les pro-

priétés extrêmement différentes résultent seulement de la différence des proportions de carbone, d'hydrogène, etc.

L'importance d'une très-petite différence dans les proportions pondérales nous a d'ailleurs été montrée par ces analyses [158r] où l'on est sérieusement arrivé à conclure que la molécule de la fibrine, de l'albumine, etc., était composée de 10,000 atomes.

Personne n'a vu ni pesé un atome. Personne, en réalité, n'a jamais compté les atomes qui composent une molécule. Personne ne saurait assurément les définir, et par cette expression nous devons entendre seulement : *la plus petite quantité selon laquelle une substance peut entrer dans une combinaison.*

On aurait donc tort d'attacher une trop grande importance aux relations de ces nombres. Mais le fait principal qu'ils expriment : que de très-petites différences dans les proportions pondérales des éléments constituants entraînent de grandes différences de propriétés entre les composés organiques, est indubitable.

[174a] Déjà plusieurs faits [136a] [136o] nous ont montré que dans une substance simple l'arrangement des atomes pouvait varier, et que ces diversités d'arrangement entraînaient de grandes différences dans les propriétés d'une substance.

Mais la question se présente avec une bien plus grande netteté quand il s'agit des substances composées.

Soit, par exemple, la combinaison d'un atome de métal M avec deux atomes d'oxygène O, O. Cette combinaison est-elle M O O, ou O M O ou $\begin{matrix} M \\ O O \end{matrix}$?

Car lorsqu'un nombre quelconque d'atomes d'oxy-

gène se trouvent unis à un nombre égal d'atomes de métal, on peut tenir pour certain, peut-être, qu'ils sont unis les uns et les autres, un par un, de sorte que la molécule du composé est OM ou MO indifféremment. Mais dans la combinaison OO et M, il peut arriver que O et M étant unis un par un, le second atome d'oxygène se joigne au premier, d'où l'on aurait OOM; ou qu'il s'unisse à l'atome de métal en opposition avec le premier atome d'oxygène, d'où l'on aurait OMO; ou qu'il s'unisse à la combinaison OM prise comme unité, d'où l'on aurait

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \text{OM} \end{array}$$

Les mêmes questions se présentent sur l'arrangement des atomes dans un acide composé, par exemple, d'une substance A et de deux atomes d'oxygène OO.

Et lorsque cet acide se combine avec notre oxyde MOO, quel est le groupement de ces six atomes? L'oxyde et l'acide, après union, conservent-ils respectivement leur nature d'oxyde et d'acide, ou sont-ils décomposés eux-mêmes, c'est-à-dire, arrive-t-il, par exemple, que le métal et la base de l'acide s'unissent et que les atomes d'oxygène entourent cette combinaison des deux corps simples? Dans le premier cas, on pourra avoir

$$\begin{array}{c} \text{AOO} \\ \text{OOM} \end{array}$$

ou

$$\begin{array}{c} \text{OAO} \\ \text{OMO} \end{array}$$

ou tout autre arrangement en deux groupes, chacun des groupes contenant une des bases; dans le se-

cond cas, on pourra avoir

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \text{OAMO} \end{array}$$

etc.

La seule inspection de ces symboles doit faire comprendre l'intérêt de la question; car, puisque de grandes

différences de propriétés résultent dans une substance simple de quelque différence dans le groupement d'*atomes identiques*, il est impossible que les propriétés attachées à des groupements si différents d'*atomes différents* ne soient pas extrêmement différentes.

Et lorsque nous voyons le sucre de canne et la gomme avoir la même composition avec des propriétés si différentes, nous sommes persuadés que ces différences tiennent à des diversités de groupements tels que ceux figurés ci-dessus, et nous éprouvons un très-vif désir de connaître les lois de ces groupements.

Quelles sont donc ces lois?

Nous avons regret de dire que l'on n'en sait encore absolument rien (1).

(1) Nous n'avons pas jugé utile d'expliquer, même sommairement, les systèmes professés jusqu'ici sur ce sujet, parce qu'aucun d'eux, aujourd'hui, n'est démontré; et moins encore avons-nous cru devoir expliquer l'intérêt scientifique de la question des groupements, puisque nous supposons que notre lecteur ignore la chimie. Mais nous recommandons, sur ce grand sujet, 1^o les ouvrages de M. Dumas et 2^o le livre posthume du malheureux Laurent (*Méthode de Chimie*, Paris, 1854). Nous recommandons ce livre à tous les amis de la science, surtout aux jeunes gens qui désirent savoir où ils vont en étudiant la chimie, non-seulement à cause de l'utilité même du livre qu'on ne saurait trop relire, mais parce que Laurent a été victime des injustices les plus criantes, et parce qu'il appartient aux jeunes savants, à l'avenir, de lui attribuer la large part qui lui est due dans les progrès de la science. Cela n'a plus beaucoup d'inconvénients, puisqu'il est mort, et mort désolé faute d'avoir eu à sa disposition l'un des nombreux laboratoires de Paris pour continuer ses admirables recherches.

Quant à la question elle-même, nous sommes persuadé que c'est seulement par l'étude et la comparaison des *séries de composés*, lesquelles devront être préalablement complétées, qu'on pourra en atteindre la solution. Laurent a eu le sentiment très-complet de cette nécessité.

En effet, c'est en *décomposant* les substances par le feu, par les acides, par la pile, etc., etc., qu'on parvient à *analyser* leurs éléments. Or, « les opérations de l'analyse chimique appliquées à un produit, soit naturel, soit artificiel, font seulement connaître l'essence et les proportions de poids relatives des substances simples, ou réputées telles, qui le composent. Elles n'aprennent point si les molécules matérielles de ces principes constituants y entrent dans un état de combinaison général, le même pour toutes, ou si elles y sont réparties en groupes distincts, combinés entre eux, sans décomposition individuelle, et coexistants avec leurs qualités propres dans le produit total..... Sur ce point, le plus élevé de la chimie rationnelle, l'analyse chimique ne peut nous donner aucune indication immédiate, puisque ses résultats ne définissent chaque composé que par les éléments simples qu'elle en retire, soit isolés, soit combinés en groupes dont elle ne saurait affirmer la préexistence. » (BIOT.)

Le lecteur doit être porté à croire que, dans cet état de la science sur ce point, il ne doit pas y avoir grand chose à en tirer.

Cependant, les conclusions suivantes, résumé incontestable de la science sur ce point, nous aideront à construire une théorie large, et que nous croyons solide.

[174b] 1° Sans qu'on soit en état de l'expliquer clairement, on sait avec certitude qu'une *très-petite différence dans les proportions pondérales des éléments des composés organiques, entraîne de grandes différences dans leurs propriétés.*

2° Sans qu'on sache à quoi cela tient et comment cela se fait, on sait avec certitude que *pour les substances*

composées aussi bien que pour les substances simples, certaines différences inconnues dans l'arrangement intérieur de leurs atomes, entraînent de très-grandes différences de propriétés.

ORIGINE DE LA VIE.

[175] Nous nous proposons d'aborder ici la question de l'origine des êtres.

Nous n'ignorons pas que la plupart des savants déclarent cette question *inabordable, impénétrable, insondable...*

On s'épargne ainsi les efforts auxquels on serait obligé et les inconvénients auxquels on serait exposé, si l'on admettait que ce sujet peut être traité.

Mais ce refus d'examiner est, en définitive, un déni de raison et un manque de foi. C'est d'ailleurs un manque de courage.

Et si, ne s'arrêtant pas devant ces mots sacramentels : *insondable, impénétrable, etc.*, l'observateur pénètre tranquillement et avec bonne volonté dans les obscurités de l'histoire des êtres, il voit bientôt que la science, interrogée, ne répond pas comme les savants.

Des découvertes sans nombre se sont succédé ; des phénomènes qui, il y a cinquante ans, paraissaient complètement isolés ou distincts les uns des autres, ne cachent plus leur mutuelle dépendance. Tout invite à tenter une généralisation devenue nécessaire.

Sans doute, rien n'est plus difficile et plus épuisant que cette poursuite des conclusions enfouies dans le long raisonnement dont l'humanité, en construisant chaque science spéciale, n'a encore posé que les pré-

misses. Cependant, après des heures et des jours de recherche aveugle et vaine dans les ténèbres, la pensée heurte parfois des écueils d'où jaillissent des éclairs. Et, au fond de ces ténèbres elle aperçoit, en un instant, l'enchaînement universel.

Instant trop court! éclairs trop vite éteints!.. Dans ces magnifiques et fulgurantes apparitions des horizons infinis, la pensée n'a pu rien saisir; mais elle se souvient, du moins, qu'elle a entrevu l'ordre qui révèle la loi.

Il suffit : la recherche des lois est œuvre lente, mais sûre. Et la découverte, la possession de toute loi, dès qu'elle est soupçonnée, est désormais assurée à l'humanité.

Non, il n'y a nulle part des mystères impénétrables : il n'y a que des *inconnues*.

La composition, la nature des oxydes étaient, il y a cent ans, des mystères qui paraissaient tout aussi impénétrables que l'origine d'une plante et d'un animal. Ce n'étaient que des *inconnues*.

On a dégagé ces inconnues, dévoilé ces mystères : on les dévoilera tous.

Nous avons dit (42), sans crainte d'être démenti par le génie exact de notre temps : Il n'y a ni hasard, ni miracles; il n'y a que des phénomènes régis par des lois.

Considérons donc la vie et ses modes, non point comme un hasard, ni comme un miracle, mais comme un phénomène, et cherchons simplement l'origine du phénomène.

[175a] La vie, telle que nous la connaissons, soit dans les êtres qui se réduisent presque à une vésicule, soit dans les végétaux et les animaux les plus complets, est incompatible avec une certaine élévation de température. Il est évident qu'à la température rouge sombre,

par exemple, nul être organisé semblable à ceux que nous connaissons ne pourrait subsister, puisque, à cette température, tous les tissus végétaux et animaux sont brûlés et décomposés.

Or, il est indubitable qu'à une époque extrêmement reculée, la surface entière du globe était dans un état de fusion ignée. Il en faut conclure qu'alors les organismes, tels que nous les connaissons, ni aucun de leurs analogues, ne pouvaient exister. Donc, puisqu'ils existent aujourd'hui, *il y a eu une époque où la vie et les organismes ont commencé à paraître sur le globe.*

Cette induction est d'ailleurs justifiée par ce que nous savons déjà [152] touchant l'absence de débris d'êtres organisés dans les couches terrestres très-anciennes.

[175b] De quelle nature étaient ces premiers organismes?

Si l'on se reporte à l'étude que nous avons faite de la végétation et de l'animalité, et surtout à nos recherches sur la série [163f], on se trouve conduit à affirmer que les premiers êtres vivants qui parurent sur le globe, étant chacun un premier terme d'une série, furent nécessairement très-petits et simples, c'est-à-dire plus ou moins analogues aux êtres microscopiques que nous pouvons observer de nos jours et qui se réduisent presque à une vésicule.

Cette induction, ainsi que nous le verrons au livre suivant, est encore complètement confirmée par l'étude des couches de la terre.

Comment ces premiers organismes furent-ils formés?

Pour parvenir à le concevoir, nous devons d'abord étudier la vésicule élémentaire, sa composition et ses propriétés.

COMPOSÉ VITAL.

[175c] La vésicule végétale élémentaire est un sac membraneux d'une extrême petitesse, clos de toutes parts, et doué des propriétés d'absorption, d'élaboration, d'assimilation et d'élimination que nous avons fait connaître.

La membrane extérieure, transparente et incolore, est formée de cellulose et ne contient point d'azote; mais la substance intérieure qui compose l'utricule primordial est quaternaire, c'est-à-dire azotée.

Cette substance quaternaire seule reproduit les cellules et est capable d'élaboration. Quand une cellule végétale ne contient plus aucune parcelle de cette substance, ses fonctions élaborantes et reproductrices sont terminées. Elle peut servir de lieu de dépôt aux substances ligneuses, amylacées, etc.; elle peut servir de canal à la sève : ainsi *elle subsiste*, mais elle n'élabore plus, *elle ne vit plus*.

La cellule animale, notamment la fibrille musculaire, est également un sac membraneux analogue, mais elle est azotée dans toutes ses parties, et généralement tant qu'elle subsiste elle vit, c'est-à-dire qu'elle élabore. Et lorsqu'elle cesse de vivre, généralement elle ne laisse point, comme la cellule végétale, une membrane extérieure inerte dans l'intérieur des organes; elle est en entier résorbée, éliminée, elle disparaît.

Qu'est-ce qui constitue pour la cellule élémentaire sa qualité incontestable d'être vivant?

Ce n'est pas sa forme vésiculaire, car les vapeurs sont capables d'un état vésiculaire [54]; et un chimiste,

M. Brame, a reconnu que des cristaux très-petits qui apparaissent dans la vapeur de soufre en voie de refroidissement, commencent par se présenter sous la forme de vésicules microscopiques où, peu à peu, les faces cristallines s'ordonnent selon le type géométrique particulier à cette substance.

Ce n'est pas sa faculté d'absorber l'eau et les gaz, phénomènes physiques qui peuvent s'accomplir également dans des appareils de laboratoire complètement privés de vie.

Ce ne sont pas même les mouvements rapides d'un nombre immense d'êtres cellulaires inférieurs qui vivent dans l'eau, car un botaniste anglais, Robert Brown, a découvert qu'à un certain état de ténuité, les particules de matière non vivante, lorsqu'elles sont immergées dans les liquides, manifestent des mouvements analogues non moins rapides. D'ailleurs, beaucoup de cellules vivantes, dans les organes des êtres complexes, ne manifestent point ces mouvements.

[175*d*] La vie de la cellule élémentaire consiste essentiellement dans sa faculté d'élaboration, d'assimilation et d'élimination.

Qu'est-ce en soi que cette élaboration, sinon un ensemble de phénomènes chimiques auxquels certaines conditions de chaleur, etc., sont nécessaires, et que nous parvenons à produire dans des soucoupes [164*b*]?

Qu'est-ce que l'assimilation et l'élimination, sinon les deux termes d'une double décomposition chimique particulière, qui même, dans la cellule végétale, ne dépend pas directement de la vie de la cellule, mais de l'action de la lumière [158*o*]?

Ainsi, la vie de la cellule élémentaire, aussi bien que la

vie d'un végétal ou d'un animal très-complet, ne nous apparait que comme un résultat, un concours de phénomènes, et non pas comme une cause.

Si maintenant nous nous rappelons : 1° que dans l'animal supérieur, où, en général, toute cellule est quaternaire dans toutes ses parties, l'échange de matière est beaucoup plus considérable et plus complet que dans le végétal [171d]; 2° qu'une matière quaternaire existe dans toute cellule végétale élaborante, et qu'après que cette matière quaternaire a disparu la cellule n'élabore plus, *c'est à la substance quaternaire que se rattachera nécessairement pour nous la condition sine qua non des phénomènes vitaux.*

Il faut bien reconnaître que la vie est attachée à ce composé quaternaire, et qu'elle est apparemment une conséquence de sa composition, comme l'acidité, l'alcalinité et toutes sortes de propriétés sont attachées à d'autres combinaisons des substances; car *si la vie n'était pas exclusivement attachée à ce composé, elle pourrait se manifester en d'autres composés : or, elle ne se manifeste qu'en celui-là.*

Nous insistons sur ce point que nous croyons avoir touché le premier.

Si la vie était une force générale et spéciale, elle pourrait animer du fer, de la pierre, du cristal, de même que la pesanteur et la chaleur font tomber et échauffent toutes les substances.

Mais la preuve que la vie n'appartient qu'au composé quaternaire azoté, c'est que si une cellule élabore quelque autre substance que ce composé, c'est toujours à la faveur de ce composé. Les os, les coquilles, les tests, les élytres d'insectes, les cristaux des végétaux et toutes les

substances autres que ce composé, qui figurent dans les êtres organisés, n'y figurent que par suite de l'élaboration commencée et commandée par ce composé.

Réduites à elles seules, les substances siliceuses ou calcaires, les cristaux, n'ont jamais présenté l'ensemble des phénomènes que l'on appelle vitaux et que nous avons bien définis.

Il est vrai qu'un cristal qui a perdu une légère quantité de substance peut, dans une dissolution de substance identique à la sienne, rétablir sa forme; mais ce phénomène dépend simplement d'un mode d'attraction régulière selon certains axes et certaines directions; il ne présente point les termes vitaux : élaboration, assimilation, élimination.

Donc, l'échange de matière, qui est le phénomène distinctif de la vie, est lié à ce composé quaternaire : il est son attribut, sa qualité.

Donc, la vie dans la cellule, aussi bien que chez les êtres supérieurs, n'est point le phénomène immédiat dû à une cause générale et distincte, comparable à la pesanteur : elle est un résultat complexe d'un ensemble de phénomènes dont la production est liée à la composition d'une certaine substance quaternaire.

[175e] Qu'est-ce que cette substance quaternaire?

Elle contient : carbone, hydrogène, azote et oxygène; mais sa composition n'est pas identique dans toutes les cellules vivantes. Bien que la perfection des instruments et des procédés d'analyse, ni surtout la masse des observations ne soient pas encore assez grandes pour que l'on ait pu connaître tout ce qui concerne ces diversités de composition, on est assuré qu'il existe des diversités très-notables dans les proportions atomiques du composé

quaternaire vital, selon qu'on l'extrait de la cellule d'un végétal ou d'un autre, d'un animal ou d'un autre.

Quelle est la nature chimique de ce composé? Comment sont groupés les atomes dans les molécules qui le composent?

En nous reportant à ce que nous savons de la nutrition des plantes par l'acide carbonique, l'ammoniaque et l'eau, nous remarquerons qu'à un moment donné le composé quaternaire végétal peut contenir, outre le carbone de l'acide et l'azote de l'ammoniaque, deux masses d'hydrogène d'origine différente : l'une provenant de l'ammoniaque, l'autre provenant de l'eau, et deux masses d'oxygène d'origine différente : l'une provenant de l'acide et l'autre provenant de l'eau.

Dans l'état physiologique, il retient tout l'azote et retient la plus grande partie du carbone. Mais lequel des deux oxygènes exhale-t-il, celui de l'acide carbonique ou celui de l'eau?

Et si l'eau de sa transpiration n'est pas seulement l'eau absorbée, si elle est en tout ou en partie de l'eau formée dans ses organes, cette eau est-elle formée de l'hydrogène de l'ammoniaque ou de l'hydrogène de l'eau absorbée dont l'oxygène aurait été fixé ou exhalé?

Et s'il s'agit d'un animal qui, dans sa nourriture, remplace l'acide carbonique et l'ammoniaque par des substances ternaires et quaternaires, d'où provient l'oxygène de l'acide carbonique éliminé [164f]? Vient-il de l'eau absorbée, ou de l'oxygène respiré, ou de l'oxygène des substances alimentaires?

Certainement la question est très-importante, elle est un premier terme indispensable à obtenir pour connaître la nature chimique du composé vital.

Laissons cependant de côté cette question sur laquelle nous n'avons aucune donnée.

CHAO, voilà les éléments du composé vital. Voyons quels arrangements peuvent résulter de la combinaison de ces éléments.

Nous figurerons l'union intime des atomes par des parenthèses. (CA) représentera, par exemple, l'union intime et binaire du carbone et de l'azote. (CHA) représentera une union intime et ternaire. La combinaison de deux composés binaires sera représentée ainsi : (CA) (HO), et celle d'un composé ternaire avec un élément isolé sera représenté ainsi : (CH A) (O).

Selon ce symbolisme, voici divers arrangements possibles que nous trouvons d'abord :

(C) (AHO), (CA) (HO), (CAH) (O).

Nous trouvons ensuite :

(CH) (AO), (CO) (AH), (COA) (H).

Il est encore possible que ces éléments soient disposés ainsi :

(C) (AH) (O), (C) (AO) (H), etc., etc., etc.

Ainsi, en résumé :

1° Les proportions pondérales des éléments du composé vital ne sont pas toujours et partout les mêmes dans toutes les cellules vivantes; d'où il suit qu'*il existe plusieurs composés vitaux* ayant nécessairement des propriétés différentes.

2° Les groupements des éléments du composé vital peuvent être très-divers; d'où il résulte encore, même à égalité de proportions pondérales, des propriétés très-différentes.

PREUVES.

[173f] Dans diverses conditions de température, etc., le sucre dissous dans l'eau et mélangé avec diverses substances entre en *fermentation*.

(A) Par exemple, ce phénomène se produit dans le jus sucré des raisins.

(B) Il se produit aussi lorsqu'une petite quantité de matière organique animale ou végétale en putréfaction est placée dans de l'eau sucrée.

Par suite de la fermentation, le sucre est décomposé. Il y a formation d'acide carbonique, d'alcool ou d'acide lactique, selon les diversités de certaines conditions, et enfin formation d'une écume grisâtre que l'on nomme *ferment* ou *levûre*.

Or, cette écume grisâtre, ce ferment, examiné au microscope, n'est autre chose qu'une masse de petits êtres vivants, de formes et d'espèces différentes, selon que la fermentation a été alcoolique ou lactique.

Assurément, dans l'expérience (B) on ne saurait soutenir que la vie de ces organismes leur vient de la substance organique, puisque celle-ci est morte. Leur vie est le résultat de la combinaison formée aux dépens des éléments de la dissolution, de l'air, etc.

Et il n'est pas permis de croire que la vie de ces organismes élémentaires ne peut être due qu'à la transformation d'une substance organique morte, il est vrai, mais ayant eu vie avant eux, car s'il est vrai que leur développement s'arrête peu après que la substance organique est toute décomposée, cela tient à ce que la source d'une ou plusieurs des substances nécessaires se trouve tarie.

En effet (C), d'après une expérience de M. Pasteur, si à la dissolution sucrée on ajoute un sel d'ammoniaque, notamment du phosphate double de magnésie et d'ammoniaque, cette matière minérale se dissout et, se combinant avec d'autres éléments de la dissolution et de l'air, se transforme en matière organique vivante.

(D) Bien plus, M. Pasteur ayant mêlé à de l'eau sucrée pure une petite quantité d'un sel d'ammoniaque, des phosphates et du carbonate de chaux, après vingt-quatre heures la liqueur a commencé à se troubler et des gaz se sont dégagés. Peu à peu l'ammoniaque a disparu, les phosphates et le sel calcaire se sont dissous, du lactate de chaux s'est formé, et il a vu naître des organismes végétaux et animaux, c'est-à-dire de la levûre lactique et des protozoaires, dans un milieu où ne se trouvait nulle substance azotée ayant eu vie. La matière azotée vivante, le composé vital s'était formé aux dépens de l'ammoniaque.

Il est vrai qu'ayant recommencé ce mélange et supprimé tout contact avec l'air, il n'a obtenu aucun de ces organismes, mais il en est de même quand le jus de raisin est maintenu hors de contact avec l'air, parce que, ainsi que l'atteste toute la physiologie, l'air est nécessaire à l'organisation.

Il est vrai qu'ayant recommencé ce mélange et l'ayant porté à l'ébullition, puis mis en contact seulement avec de l'air chauffé au rouge, il n'a obtenu encore aucun de ces organismes. D'où il faut conclure que l'ébullition avait altéré le mélange et y avait modifié les groupements atomiques de telle sorte que la formation des composés vitaux n'y était plus possible.

D'ailleurs, l'ébullition n'est pas toujours un obstacle à cette formation.

(E) M. Pouchet a fait bouillir pendant une heure dans un ballon de verre un corps organique fermentescible avec de l'eau. Il n'a laissé rentrer dans le ballon que de l'air *lavé* dans de l'acide sulfurique, et un mois après avoir été scellé l'appareil était tout rempli de champignons microscopiques.

Nous ne connaissons les belles et récentes expériences de M. Pouchet par aucun document direct; nous ne pouvons donc parler de ses résultats avec certitude. Au reste, l'intérêt bien mérité qu'elles excitent se rattache surtout à ce qu'elles tendent à combattre une erreur passée à l'état de doctrine. Or, nous sommes persuadé qu'avant vingt ans il semblera bouffon que l'on ait prétendu sérieusement (car telle est cette erreur) que l'air contient sans cesse et partout les germes de tous les êtres d'espèces si innombrables qui éclosent, à chaque instant, presque dans tout liquide exposé à l'air; il paraîtra inouï que, malgré un encombrement de faits incompréhensibles dans cette supposition, on ait soutenu si longtemps cette hypothèse impossible.

Nous nous garderons bien de nous appesantir sur ce point; tout le temps employé à discuter des erreurs est du temps perdu. Éternellement, il n'y a qu'un moyen de conjurer les ténèbres : c'est de faire la lumière. Il n'y a qu'un moyen de renverser les erreurs : c'est d'établir la vérité.

En matière scientifique, la vérité se reconnaît à des caractères indubitables.

Elle est aussi claire que les erreurs sont obscures; elle est d'accord avec toutes les vérités déjà démontrées, elle s'appuie sur elles.

Tandis que l'erreur est inconciliable avec les vérités connues et s'appuie sur *l'indémontrable*.

La vérité rend compte enfin avec une simplicité et une rectitude entière de faits que l'erreur, malgré tout son attirail, ne parvient pas à expliquer, et rapporte à des *mystères insondables*.

[175g] Revenons aux expériences citées.

Encore une fois, la matière organique qui, en se décomposant, détermine la formation d'organismes vivants, ne détermine pas cette formation en leur donnant la vie qu'elle n'a pas. Mais elle met en jeu les affinités des substances ambiantes et détermine ainsi, entre elles, la formation d'un composé vital qui, s'entourant d'une membrane, s'isolant du milieu où il se forme (1), donne aussitôt naissance à des organismes dont la nature varie selon les substances employées, c'est-à-dire selon la nature du composé vital.

Outre la présence des éléments convenables pour la formation d'organismes vitaux, il faut pour cette formation que les actions mises en jeu soient très-nombreuses, sinon très-énergiques, parce que tout composé vital contenant de l'azote et plusieurs autres éléments, et les affinités de l'azote étant faibles, il faut des actions simultanées nombreuses, sinon énergiques, pour déterminer ces combinaisons.

Et, en effet, les divers modes de décomposition des substances organiques (putréfaction, fermentation) sont au nombre des actions chimiques les plus complexes et même les plus énergiques à certains égards.

Mais lorsqu'une combinaison vitale est formée, l'in-

(1) Comme s'isole un cristal par une membrane analogue s'il se forme dans l'air, selon M. Brame [175c], ou par des pans de séparation s'il se forme dans l'intérieur d'une masse solide, ou par des surfaces limites solides s'il se forme dans un liquide.

stabilité de cette combinaison, qui est due au caractère chimique essentiel de l'azote (son *indifférence*), a pour conséquence une extrême aptitude à des modifications ultérieures.

Et c'est ainsi que l'indifférence chimique qui relègue l'azote aux derniers rangs d'importance dans la chimie élémentaire ou minérale, le place au premier rang dans la chimie physiologique.

[175h] Mais faut-il donc croire que la décomposition d'une molécule organique, sinon azotée, du moins ternaire, telle que le sucre qui figure seul dans l'expérience (D), soit nécessaire à la mise en jeu des affinités spéciales d'où naissent les divers composés vitaux?

Évidemment, tout ensemble d'actions chimiques quelconques, capable de déterminer au même degré et de la même manière la mise en jeu de ces affinités dans un milieu où se trouveront réunis l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'eau, l'air et quelques autres substances minérales requises, devra déterminer la formation de composés vitaux et d'organismes comme fait la décomposition d'une molécule organique.

Et si l'on ne connaît pas encore les conditions de ces phénomènes, cela tient simplement à ce qu'on ne les a pas encore étudiées.

Enfin, s'il fallait absolument rattacher la mise en jeu nécessaire des actions *nombreuses et simultanées* à la décomposition d'une substance complexe offrant le caractère chimique spécial que l'on a nommé organique, toute difficulté paraîtrait encore levée par des observations récentes.

Il résulte en effet d'analyses minutieuses que des roches primitives, même des aérolithes, ont présenté quelques

traces de composés réunissant les éléments et les proportions complexes qui caractérisent les combinaisons organiques. De sorte qu'il en faut conclure que, de toute origine, dès les premières époques de la condensation planétaire, comme aujourd'hui encore sans doute dans certaines conditions, il s'est formé des combinaisons de $C O H$, etc., qui n'ont pu se transformer directement en organismes parce que leurs proportions pondérales ou leurs groupements atomiques ne pouvaient parvenir à l'isolement vésiculaire et à l'élaboration dont sont capables beaucoup d'autres composés analogues, mais qui cependant, en leur qualité de composés complexes, étaient et sont sans doute encore capables de mettre en jeu, par leur décomposition, en présence des combinaisons binaires des éléments $C H A O$, les *actions nombreuses et simultanées* requises.

SOLUTION RATIONNELLE.

[175i] A l'époque reculée de l'émergence des premières îles, l'acide carbonique et l'ammoniaque sortaient de la terre, comme aujourd'hui, par beaucoup d'ouvertures. Alors, sans aucun doute, ces exhalaisons souterraines étaient beaucoup plus abondantes. D'ailleurs, l'atmosphère contenait encore des masses d'acide carbonique et peut-être aussi d'ammoniaque, aujourd'hui fixées, dont l'origine se rattachait à la condensation primitive des matières qui composaient le sphéroïde [140] et aux réactions chimiques dont les zones supérieures de l'atmosphère avaient été longtemps et étaient sans doute encore le théâtre.

Il y eut un moment où, à la surface du globe et dans

l'atmosphère, l'eau liquide ou en vapeur, l'acide carbonique et l'ammoniaque se trouvèrent en présence dans des conditions de température que l'on ne saurait exactement définir, mais dont les limites seraient faciles à assigner.

Par l'action des mêmes affinités chimiques qui, aujourd'hui, déterminent leur production, des molécules de divers composés vitaux se formèrent, se groupèrent, s'isolèrent en vésicules, soit dans les eaux à diverses profondeurs, soit dans l'atmosphère à diverses hauteurs. Et là parurent ainsi les premiers organismes vivants.

[175j] Les composés vitaux qui avaient formé ces organismes primitifs étant différents soit par la composition, soit par le groupement de leurs atomes, les propriétés de ces organismes élémentaires étaient diverses, notamment quant à la forme-type qu'ils pouvaient revêtir, de même que sont diverses les propriétés des diverses substances minérales, notamment quant à la forme initiale et type de leurs cristaux.

Ainsi, par exemple, un composé vital A ayant une capacité d'élaboration nécessairement en rapport avec sa composition, et la capacité d'élaboration de ce composé vital étant telle que le tégument extérieur devait, dès l'origine, prendre un développement considérable et très-prépondérant, il en résultait une forme animale se rapportant au type mollusque, en ce sens que déjà le protozoaire se rapportait par quelque chose à ce type.

La capacité d'élaboration d'un autre composé vital B étant différente et déterminée de même, il en résultait une forme animale se rapportant à un type déterminé différent, par exemple, au type crustacé.

Et tout composé vital A formait un protozoaire mol-

lusque, tout composé vital B formait un protozoaire crustacé, etc.

Et de même que, par des modifications successives, chaque tétraèdre ou prisme type [136*n*] est susceptible de passer par des formes de plus en plus complexes, de même, par des modifications successives, ces protozoaires primitifs étaient susceptibles de passer par des formes de plus en plus compliquées.

Et de même que, chez les cristaux, le procédé de modification, très-simple en lui-même, *production de nouvelles faces par un ajoutement sériel de nouvelles molécules*, engendre successivement toutes les formes les plus complexes d'un type donné, de même, chez les vivants, le procédé de modification, très-simple en lui-même, *production de nouvelles parties par un ajoutement sériel de cellules nouvelles*, engendre successivement toutes les formes les plus complexes d'un type donné.

Et de même que certaines formes géométriques ne peuvent, en aucune manière, résulter des modifications sérielles de certains types cristallins, de même certaines formes animales ne peuvent, en aucune manière, résulter des modifications sérielles de certains types vivants.

Et de même que des modifications sérielles différentes sur deux formes géométriques différentes d'un même type cristallin peuvent arriver à produire deux formes géométriques identiques [136*j*], de même des modifications sérielles différentes de deux formes animales différentes d'un même type vivant peuvent arriver à produire deux êtres identiques; ce qui s'accorde avec ce que nous avons déjà trouvé par une autre voie [163*o*].

Enfin, de même que le nombre des types cristallins est limité par des nécessités mathématiques dépendantes des

lois selon lesquelles se construisent les différents polyèdres, indépendamment des substances dont ils sont composés, de même le nombre des types vivants est limité par des nécessités mathématiques dépendantes des lois inconnues selon lesquelles peuvent se combiner et se grouper quatre éléments simples : carbone, azote, hydrogène et oxygène, puisque ici la substance, la fonction et la forme sont étroitement liées.

[175k] Nous ne pouvons qu'énoncer maintenant cette théorie. Le volume suivant la développera.

Nous nous bornerons ici à un exemple qui, en expliquant l'existence des ambigus, fera comprendre plus clairement le seul point obscur dans ce qui précède.

Par des séries de modifications d'organes, fixées [172] dans la suite prolongée des générations, un protozoaire appartenant au type vertébré, en passant par l'état de ver et de nombreux états successifs qui l'ont amené à l'état de mammifère carnassier inférieur, a pu devenir enfin un quadrumane voisin du chien.

Par des séries de modifications d'organes, fixées dans la suite prolongée des générations, un autre protozoaire appartenant de même au type vertébré, en passant par de *tout autres* états successifs qui l'ont amené à l'état de mammifère rongeur inférieur, a pu devenir un quadrumane très-différent du précédent.

Mais il y a chez les êtres vivants une faculté reproductrice que n'ont point les cristaux, et qui leur permet de s'unir efficacement lorsque leurs différences ne sont pas trop grandes; de sorte que le premier quadrumane aura pu féconder le second quadrumane : d'où l'on aura vu sortir un ambigu.

[175l] Maintenant, comment devons-nous interpréter

en soi la nature de la différence entre les animaux et les végétaux ?

Il résulte directement de tout ce que nous avons vu précédemment, que les végétaux proviennent de composés vitaux originaires où la puissance chimique d'échange est moindre.

Mais des faits peu nombreux et d'une extrême importance semblent prouver, en outre, que les végétaux sont de véritables animaux atteints inévitablement de *métamorphose rétrograde* [166*d*].

[175*m*] On voit que la question de l'origine des êtres n'est pas à *jamais insoluble*. Car, quelque opinion qu'on se forme maintenant de nos vues à cet égard, on restera convaincu que soit par cette théorie, soit par toute autre, que l'expérience seule pourra amener à l'état de science démontrée, il est très-facile de s'expliquer l'origine de la vie par le concours des forces physiques et chimiques.

Et il faut bien s'y résoudre, puisque la vie, sévèrement analysée, ne se présente pas comme une cause, mais comme un résultat.

[175*n*] Ce grand phénomène originaire : formation d'organismes primitifs, ne s'est-il présenté qu'une seule fois ? Non, bien loin de là.

Toutes les fois que l'ammoniaque, l'acide carbonique, l'air, l'eau, et quelques parcelles d'autres substances, se trouvent en présence dans certaines conditions de température et de pression, il peut y avoir ou n'y avoir pas formation de composés vitaux, selon que leurs affinités spéciales sont ou ne sont pas mises en jeu.

Et selon que ces mêmes conditions sont ou ne sont pas permanentes, sont ou ne sont pas modifiées ensuite d'une ou plusieurs manières que l'expérience n'a pas fait

connaître, par l'unique raison qu'elle n'a pas été interrogée, ces composés vitaux donnent ou ne donnent pas naissance à des protozoaires ou à des végétaux bissoïdes ou confervoïdes élémentaires.

De sorte qu'à tous les instants, pour ainsi dire, l'œuvre est recommencée; de sorte qu'à tous les instants des siècles écoulés, depuis la première production d'organismes, on a pu trouver à la fois : 1° des organismes complexes résultant des modifications subies, des perfectionnements acquis par la postérité des plus anciens protozoaires ou végétaux élémentaires; 2° des séries d'organismes de moins en moins complexes résultant des modifications, des perfectionnements acquis par la postérité des protozoaires ou végétaux élémentaires de moins en moins anciens; 3° enfin des protozoaires et des végétaux élémentaires formés au jour même où l'on se trouve.

[1750] Mais si les actions chimiques plus ou moins modifiées, seules, sont l'origine de la vie et la cause de son développement dans un organisme, pourquoi meurt-il?

Car enfin, ces causes ne cessent pas d'être; pourquoi donc l'effet, la vie, cesse-t-il?

L'être meurt, parce qu'il arrive un moment où le résultat chimique, qui est le pivot des phénomènes vitaux, l'échange de la matière, s'affaiblit et devient totalement insuffisant à entretenir les fonctions de l'être. Il s'affaiblit dans la machine totale parce que sur certains points, dès l'origine, il était incomplet, et que l'accumulation de matière résultant de cet échange incomplet dans l'intérieur de l'être finit par former un obstacle inévitable à la prolongation de ses fonctions normales.

Mais alors pour prolonger la vie, il suffirait donc d'entretenir le plus longtemps possible l'échange régulier de

la matière selon les conditions les plus favorables à l'être que l'on examine?

Sans aucun doute. Perfectionner et maintenir l'échange de la matière dans les conditions normales particulières à chaque système distinct [170*b*] composant le corps humain, c'est-à-dire entretenir en grand nombre, en grande santé, en grande activité, les millions de petits êtres qui composent chaque système; accélérer leur disparition, leur élimination; les remplacer dès qu'ils vieillissent, comme on remplace les invalides par les conscrits dans une armée: voilà le principe fondamental de l'hygiène rationnelle.

[175*p*] Par le titre que j'avais choisi, je m'étais engagé dans ce livre à expliquer ce qu'est *la vie*. Je l'ai fait: je puis m'arrêter ici.

L'histoire du développement des organismes sera le sujet principal du volume suivant et apaisera ceux qui s'écrieraient en finissant ce livre: Mais il est impossible de comprendre qu'une vésicule puisse devenir un quadrumane!

Nous pourrions répondre que, sans le comprendre, il faut cependant bien l'admettre scientifiquement comme tant d'autres choses que l'on ne comprend pas davantage et qui sont aussi certaines. Il faut l'admettre, disons-nous, car le fait se passe à chaque instant sous nos yeux, tous les êtres vivants, sans exception, ayant pour origine aujourd'hui encore une simple vésicule.

Mais nous préférons alléguer, en terminant, un exemple dont la trivialité ne diminue pas la valeur.

On fait en Allemagne des tuyaux de pipe en bois, plats, longs de cinquante centimètres et courbés en S. Quelqu'un nous disait naguère: Comment peut-on parvenir

à creuser exactement des tuyaux de cette forme? Il est impossible de le comprendre.

— Pourquoi, répondis-je, imaginez-vous qu'ils soient creusés après qu'ils ont reçu cette forme? Pourquoi ne concevez-vous pas plutôt qu'ils sont d'abord percés droits, puis aplatis au rabot ou à la râpe, et enfin courbés à l'eau et au feu? Vous feriez ainsi disparaître toute la difficulté qui vous surpasse, et dont la solution vous semble inconcevable, mais qui en réalité n'existe pas.

DES LOIS.

[176] Nous avons enfin terminé les préliminaires qu'il est indispensable de connaître pour comprendre l'histoire du globe et de l'organisation.

Avant d'entrer définitivement dans notre sujet, nous aurions voulu résumer tout ce qui, dans l'ensemble du savoir humain, se rapporte à la notion abstraite de la force. Nous espérions pouvoir établir ici, d'une manière rigoureuse, *l'unité de la force*.

Mais l'impossibilité de nous borner à l'emploi des notions déjà présentées pour l'explication claire de ce point difficile, nous contraint de le reporter à la fin du livre suivant. Le développement méthodique de l'ouvrage nous aura fort rapproché alors de la conclusion capitale.

Quels que soient l'origine, l'essence et l'enchaînement de ces forces qui nous étreignent, nous font vivre et nous tuent, nous savons bien que nous ne devons pas nous les représenter, autour de nous, en nous et dans l'espace, comme des personnages invisibles, comme des êtres qui agissent [18].

Mais nous voyons partout les forces agissant selon des lois...

Quelle idée devons-nous concevoir de ces lois qui nous servent aujourd'hui autant qu'elles nous dominent [136u]?

Autrefois, dans les temps où la science d'observation n'était pas même née, ne pouvant s'expliquer d'aucune façon précise et simple les phénomènes que nous expliquons aujourd'hui clairement, on en appelait immédiatement au hasard ou à la toute-puissance inconnue et indéterminée. On croyait, de bonne foi, que la toute-puissance s'amusa à produire, un à un, les phénomènes.

Aujourd'hui, on est tenté de considérer les lois, tant à cause de leur nom que par habitude d'esprit, comme édictées par un législateur auquel il a plu de les faire ainsi et non autrement.

Dans les livres le plus sérieusement scientifiques, on remercie à chaque instant le législateur d'avoir fait de si belles lois, si bienfaisantes, sans songer qu'il n'y a rien d'étonnant à ce que des lois édictées par un être souverainement intelligent, puissant et bon, selon la définition, soient encore meilleures que nos codes.

Et content d'avoir écrit sur le législateur un passage d'une éloquence douteuse, on va se promener par les rues sans songer qu'on peut avoir, à chaque instant, la tête cassée par une tuile ou une pierre en vertu de la belle loi de la pesanteur; — ce qui, du reste, j'en avertis le lecteur, ne saurait servir d'argument contre la bonté du législateur, pas plus que ce qui va suivre ne saurait servir d'argument contre l'existence du législateur.

[176a] Osons donc pénétrer au delà des phénomènes et de la force, et cherchons à nous faire une idée juste de la loi.

Quand nous voyons les forces agir d'une certaine manière, toujours identique, et produire un même phénomène, nous constatons *la loi*. Armés de cette loi, nous préparons les substances et les conditions, et nous soumettons les substances à l'action des forces en déclarant d'avance que le phénomène sera tel. Et, en effet, la force produit le phénomène, selon la loi.

Jusqu'à ce jour, beaucoup ont semblé croire que la force *obéissait à la loi*; de sorte que la loi se représente aux esprits obscurcis par les mots et les systèmes comme une *jussion*, un ordre toujours présent qui oblige la force à obéir. C'est absurde; car alors il y aurait, à côté de la force, une autre force employée à la contraindre — ce qui ne serait qu'un embarras.

Éloignons-nous de cette plate conception, et cherchons à comprendre ce que c'est qu'une loi, en descendant jusqu'à un phénomène extrêmement simple, dont la loi est facile à saisir, et où le sens de ce que c'est qu'une loi peut être facilement reconnu.

Lorsqu'un point, un corps (un globe d'ivoire, par exemple), est soumis à l'action d'une force agissant sur lui en ligne droite, il se meut en ligne droite.

Dans ce phénomène, l'effet (mouvement en ligne droite) est tellement lié à sa cause (la force en ligne droite), la loi se présente à nous avec un caractère de nécessité tellement évident, que l'esprit les prévoit de toute origine.

Si le point, le corps, est soumis à l'action de deux forces égales et contraires, c'est-à-dire agissant en sens

opposé sur la même ligne droite, le corps ne se mouvra pas, il restera immobile.

Ici encore la loi du phénomène se présente à nous avec un caractère de nécessité évidente.

Si le corps A (fig. 57) est mû à la fois par deux forces égales, l'une agissant pour le pousser dans la direction A C, l'autre pour le pousser dans la direction A B, on conçoit bien qu'il ne suivra ni l'une ni l'autre de ces directions. On démontre, en mécanique, qu'il suit la direction A D qui divise exactement en deux l'angle B A C. Et si l'on y réfléchit avec attention, on n'a pas besoin de démonstration géométrique pour voir qu'en effet ce corps, poussé à la fois dans les deux directions A B, A C, devra se mouvoir dans une direction intermédiaire.

Et avec un effort d'intelligence et d'attention plus soutenu, on voit aussi que, puisque les deux forces sont égales, la direction suivie ne doit pas être inclinée plus d'un côté que de l'autre ; par conséquent, elle doit être A D, exactement intermédiaire entre l'une et l'autre direction que suivrait le corps, si l'une ou l'autre force agissait seule sur le corps.

Ici la loi du phénomène est moins immédiatement visible, elle n'est plus évidente ; mais, comme dans les cas précédents, dès que l'esprit l'a reconnue, elle ne nous présente pas autre chose qu'une nécessité. Cela est ainsi parce qu'il est absolument impossible que cela soit autrement.

Si la force qui pousse le corps dans la direction A B (fig. 57a) est double de celle qui pousse le corps dans la direction A C on conçoit facilement que le corps se mouvra encore dans une direction intermédiaire, qu'il obéira plus à la force double qu'à la force simple, que, par con-

séquent, il sera mù dans une direction plus rapprochée de A B que de A C.

On démontre, en mécanique, qu'il se mouvra selon une ligne A D (1).

Ici l'esprit a décidément besoin du secours des raisonnements rigoureux et des figures géométriques pour connaître, au juste, la direction que suivra le corps. Mais la loi de cette direction ne se présente pas encore autrement que comme une nécessité. Le corps suit cette direction parce qu'il est impossible qu'il en suive une autre, la

(1) Nous l'avons déjà dit [24z], les forces se représentent par des lignes : deux forces égales par deux lignes d'égale longueur, une force double par une ligne double en longueur, une force triple par une ligne d'une longueur triple, etc. C'est ainsi que A B, double de A C (fig. 57a), représente une force double.

Pour découvrir la direction que suivra le corps, on construit le parallélogramme A B D C en traçant B D parallèle à A C et C D parallèle à A B. La diagonale A D donne la direction que suivra le corps. Cette ligne A D s'appelle la *résultante* des forces A B, A C, c'est-à-dire la force unique qui *résulte* de leur action à toutes deux. Quelles que soient les longueurs des deux forces, c'est-à-dire le rapport qui existe entre leur puissance, cette construction du parallélogramme donne, par sa diagonale, la direction cherchée.

En outre, la longueur de la diagonale exprime l'énergie de la force résultante.

Ce magnifique et si simple théorème, d'où sort une grande partie de la richesse et de la puissance de l'humanité, est connu sous le nom de *théorème du parallélogramme des forces*.

Pour donner une idée plus complète de la beauté de ce théorème, ajoutons que : quels que soient le nombre et les directions des forces qui agissent sur un corps, on peut toujours quand on connaît leur puissance relative, en cherchant successivement leurs résultantes deux à deux, arriver au parallélogramme de deux forces dont la diagonale donne à la fois la direction et l'intensité de la force résultante selon laquelle se mouvra le corps.

longueur des deux forces et leur direction étant données.

Dans tous ces phénomènes de moins en moins simples, la loi du phénomène ne nous apparaît pas autrement que comme une nécessité qui lie indissolublement l'effet à ses causes. Mais, à mesure que le phénomène est moins simple, cette nécessité se voile pour nous de plus en plus, et il nous faut écarter les voiles un à un pour constater cette nécessité.

[176b] Or, toute loi n'est autre qu'une *nécessité*.

Les phénomènes très-simples dus à l'intervention d'un petit nombre de forces nous montrent, dès le premier coup d'œil, cette nécessité comme inévitable; mais quand beaucoup de forces simultanées, ou successives, sont en jeu dans la production d'un phénomène, la nécessité nous est tellement voilée, qu'il nous est impossible de la reconnaître d'abord. Ainsi, par exemple, voici deux plantes de même espèce et de formes sensiblement différentes : les formes de ces plantes ne nous paraissent pas d'abord une nécessité, il semble même que leur différence prouve qu'il n'y a nulle nécessité attachée à leur forme; mais il est cependant certain que la forme générale, commune à chacune d'elles, est le résultat d'un ensemble de forces qui ont agi simultanément et successivement, de manière que nécessairement cette forme générale a dû être telle, et les points en lesquels ces deux plantes sont différentes ont été également des résultats nécessaires de l'action de forces ambiantes qui ont agi différemment sur l'une et sur l'autre. Mais pendant qu'il est très-facile de trouver la résultante de deux ou plusieurs forces données, il est très-difficile et souvent impossible de retrouver le détail des forces qui ont produit une résultante donnée, surtout lorsque cette résultante

est une œuvre historique, incessamment modifiée.

Les lois des phénomènes ne doivent donc pas se présenter à nos esprits comme des législations qui eussent pu être autrement; elles sont des nécessités. C'est-à-dire qu'elles sont les modes nécessaires et inévitables selon lesquels les phénomènes se produisent.

Les modifications de chaque force sont innombrables, leurs actions sont incessamment variées les unes par les autres; il s'ensuit que notre esprit est souvent impuissant à reconnaître la nécessité des phénomènes qui nous paraissent au contraire singuliers, étranges, inexplicables... Mais bien loin d'être inexplicables, quand notre connaissance sera plus complète, et notre intelligence plus perfectionnée, nous reconnaitrons qu'aucun phénomène général de l'ordre quelconque de ceux que nous avons examinés jusqu'ici, et que nous examinerons encore dans la genèse du monde physique, ne saurait être autrement qu'il est.

[176c] Non, on ne s'explique pas une puissance infinie occupée constamment à ajuster des nez sur des visages— et quels nez, parfois! — des cheveux sur des têtes, des poils sur des bêtes, des cornes à toutes sortes de gens, et des pattes d'insectes.

Faut-il donc qu'elle ait donné ordre à la matière de produire tous les phénomènes selon telles lois? Mais alors cette *vile matière* obéissant ainsi éternellement à des ordres que notre *âme immortelle* n'est pas encore parvenue à connaître tous, à beaucoup près, à un milliard de milliards près, cette vile matière a donc compris d'un seul coup ces ordres étrangement merveilleux; elle est donc beaucoup plus intelligente que nous, la vile matière, elle est tout comme divine...

Non, les phénomènes ne sont pas plus produits par l'obéissance de la matière à un plan qui lui aurait été communiqué et auquel il lui aurait été enjoint de se conformer, qu'ils ne sont produits par une puissance infinie occupée à tout faire.

Les phénomènes sont des conséquences nécessaires, visiblement pour nous ou non visiblement, de l'action des forces inséparables de la matière.

Nous verrons aux *Commencements de l'Humanité* ce que signifie cette nécessité, comment elle doit être interprétée dans ses rapports avec l'homme et avec l'ÊTRE sous tous ses aspects, comment elle explique dans un majestueux et vaste ensemble des questions en apparence insolubles ou inconciliables.

FIN.

ERRATA et NOTES.

Page 10. Il était clairement indiqué ici que ce volume devait contenir la partie géologique de l'ouvrage. C'était en effet notre intention. Mais quoique les développements relatifs à la vie considérée en elle-même aient été restreints autant que possible, on voit qu'ils ont exigé, à eux seuls, les 300 pages où nous espérions les renfermer avec la géologie. Si nous avions persisté à réunir le tout en un volume, il eut fallu 400 pages de plus. Au reste, l'histoire du globe et de l'organisation forme réellement un ouvrage distinct.

Page 23. Cette citation est tirée de la *Botanique* de Payer.

Page 32. Il existe beaucoup d'espèces de chênes où les glands sont en effet *pédonculés*, mais, ainsi que le montre la figure 3, les fruits du chêne vulgaire de nos climats n'ont point de pédoncules, ils sont *sessiles*, (les feuilles et les fleurs sans pédoncule sont aussi appelées *sessiles*).

Page 44, ligne 8. L'absorption et la nutrition, lisez : *l'absorption et la respiration*.

Page 103. Tous les êtres, tous les phénomènes de l'univers sont *sériés*, c'est-à-dire appartiennent à une série quelconque, lisez : *tous les êtres, tous les phénomènes de l'univers, appartiennent à une série quelconque*.

Le mot *sérié* doit être employé pour qualifier exclusivement les objets qui présentent eux-mêmes et à eux seuls une série.

Page 135. Il s'en faut de beaucoup que cette recherche sur la série soit complète, même au point de vue d'une simple énumération des diverses espèces de séries. Nous n'avons, par exemple, rien dit des *séries périodiques*.

Page 150. Depuis la deuxième édition du traité de M. Bécclard, où nous avons puisé presque tous les faits relatifs à la physiologie animale, des recherches nouvelles sur le liquide pancréatique, ont établi que ce liquide n'est point nécessaire à l'émulsion des graisses, bien qu'il y concoure. C'est-à-dire que l'émulsion est également produite par la bile et le suc intestinal.

Page 179, ligne 10. *Ces fibres ne se confondent jamais...* Cela n'est absolument vrai que des fibres motrices.

« Sur la peau et les muqueuses d'une part, et la moëlle
« épinière de l'autre, plusieurs fibres sensibles peuvent s'unir
« par voie de fusion ou de soudure à une autre fibre de la même
« nature et du même volume qui leur constitue un axe com-
« mun.... » Et quant aux nerfs du système ganglionnaire ou
nerfs de la vie organique. « Ils font un échange presque con-
« tinuel de rameaux.... » Sapey.

Page 209. Le homard passe aussi par un état de larve analogue.

Page 251. Nous l'avons souvent redit, nous ne prétendons point enseigner la zoologie. On ne peut donc nous reprocher que ce livre est incomplet sous ce rapport, Mais au troisième volume beaucoup d'autres détails importants trouveront place.

Page 317. Ces *actions nombreuses et simultanées* se rangent dans la science sous un nom : *catalyse*. Nous n'avons pas employé cette expression parce qu'elle rappelle des inventions de *force particulière* auxquelles il nous est impossible de souscrire, et parce que ce mot *catalyse* désigne également des phénomènes très-différents et dus sans aucun doute à des causes différentes. Mais nous regretterions beaucoup que le lecteur vit dans ces expressions, *actions nombreuses et simultanées*, un

symbole confus de quelque chose d'inconnu et d'inexplicable. Il est vrai que les diverses conditions de la production de ces actions ne sont pas encore bien connues, mais dans l'état même de la science elles nous paraissent complètement explicables, d'une manière générale. Et si nous n'avons pas cru devoir en offrir l'explication que nous concevons, c'est qu'il eût fallu y consacrer plusieurs pages d'une discussion déplacée dans un livre élémentaire, c'est aussi parce que nous espérons donner plus tard à l'explication de ces *actions nombreuses et simultanées* la vérification de l'expérience.

Page 323. Sur ce sujet si important *des forces*, nous recommanderons aux amateurs des sciences l'ouvrage intitulé *corrélation des forces physiques*, par M. Grove, traduit de l'anglais par le savant abbé Moigno, avec des notes de M. Seguin aîné.

Fig. 4. Cette figure représente l'*amande* entr'ouverte du fruit de l'amandier, où les diverses parties de l'embryon sont beaucoup plus développées et plus visibles que dans le fruit du chêne.

Fig. 5. Dans cette fleur le *stygmate* n'est pas très-visible, mais dans les fleurs femelles du chêne, a fig. 2, ce sygmate en forme d'étoile irrégulière est très-visible. Et tandis que les *styles* des cinq carpelles distincts formant le pistil sont très-longs dans la figure 5, le style n'existe pour ainsi dire point dans la fleur femelle du chêne. Les proportions de ces parties des fleurs varient en effet extrêmement d'une espèce à l'autre.

Fig. 16. Le graveur n'ayant pas toujours suivi les indications du dessin, les orifices des vaisseaux, à l'intérieur des ventricules dans cette figure, ne sont pas assez larges, et les valvules *x z* ne sont pas bien indiquées.

Fig. 17. La partie droite de la figure représente la carapace de l'oursin, débarrassée des appendices de reptation.

Fig. 20. L'ouverture ronde, qui est au centre des tentacules, est la bouche-anus du polype. Il en est de même de la petite

ouverture qui est à gauche du centre de l'étoile, figure 23.

Quant à la bouche-anus de la méduse, elle se trouve placée en dessous entre les quatre gros tentacules, et n'est pas visible dans la fig. 22.

Outre les gros tentacules, cette espèce en possède beaucoup d'autres *filiformes* qui partent de la couronne. On ne les a pas représentés ici, parce que dans ces petites dimensions ils eussent embrouillé la figure.

Fig. 24. La plaque *mm* que l'on voit sur le dos de cette limace, est son *manteau*; l'ouverture *a* est son anus. Le manteau de la limace, fig. 23, est beaucoup plus petit et caché par la coquille rudimentaire placée à l'extrémité de son corps.

Fig. 29. Les petites houppes, de chaque côté, sont les branches de ce ver.

Il ne faut d'ailleurs attacher aucune importance aux proportions relatives de ces figures. Les unes, telles que fig. 2, 3, 32, 34, représentant des grandeurs naturelles, d'autres telles que fig. 79 représentant l'animal au huitième de sa grandeur; la fig. 43 au tiers, la figure 22 au quinzième, etc.

Ces figures sont de simples croquis, destinés à faciliter l'intelligence du texte, quant aux formes types que l'on compare, et nullement capables de faire connaître exactement les espèces qu'elles représentent.

Il est presque impossible qu'un ouvrage tel que celui-ci ne contienne pas quelques erreurs de détails. Si nous avons pu le terminer à Paris, nous n'eussions pas cité un fait, allégué un phénomène, sans en avoir vérifié l'exactitude par nos yeux, ou consulté les hommes spéciaux. Dans les conditions où nous avons travaillé, cette vérification sévère était impossible.

Mais comme ce livre ne tend pas à un but minutieux, qu'ici les détails sont seulement invoqués pour aider à comprendre des résultats généraux, les erreurs de ce genre, s'il s'en trouve, auront peu d'importance. Je suppose par exemple que j'aie

erré sur quelques uns des détails par lesquels j'ai voulu faire concevoir comment les classifications sont impuissantes à atteindre leur objet, qu'importe ? Si de l'ensemble de ces détails il résulte clairement pour le lecteur ce que j'ai désiré lui faire connaître, notre but à tous deux est atteint.

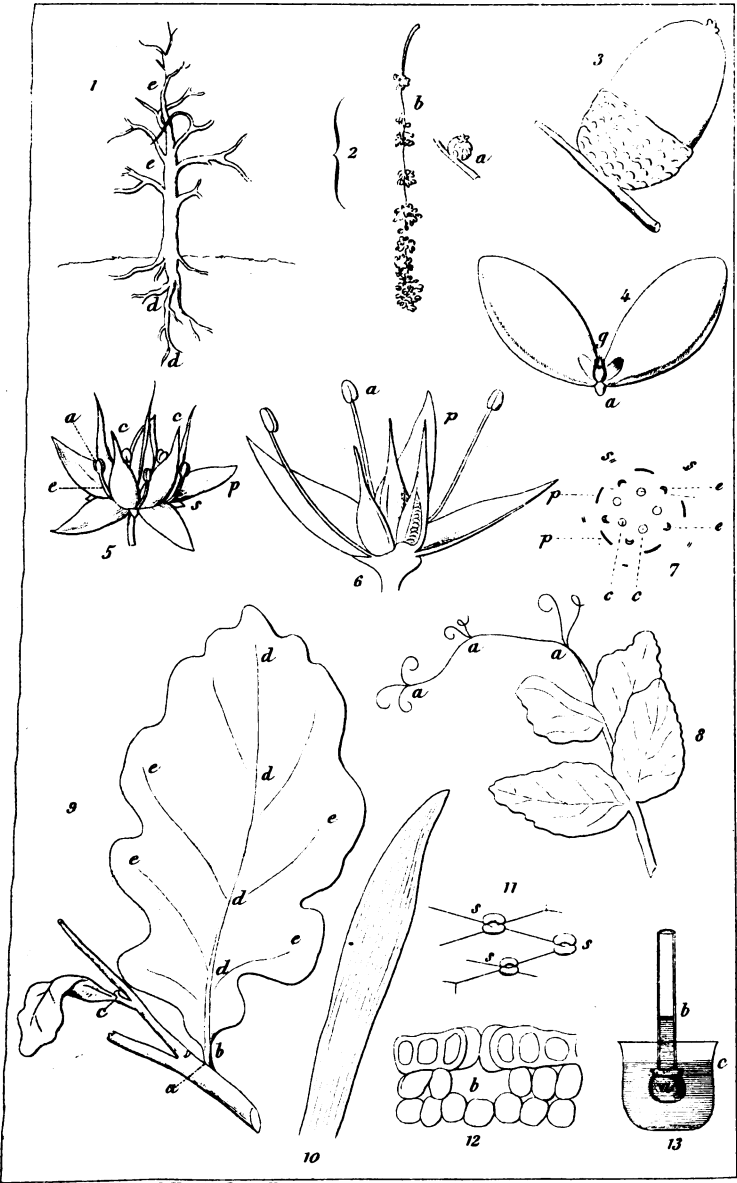
Août 1859.



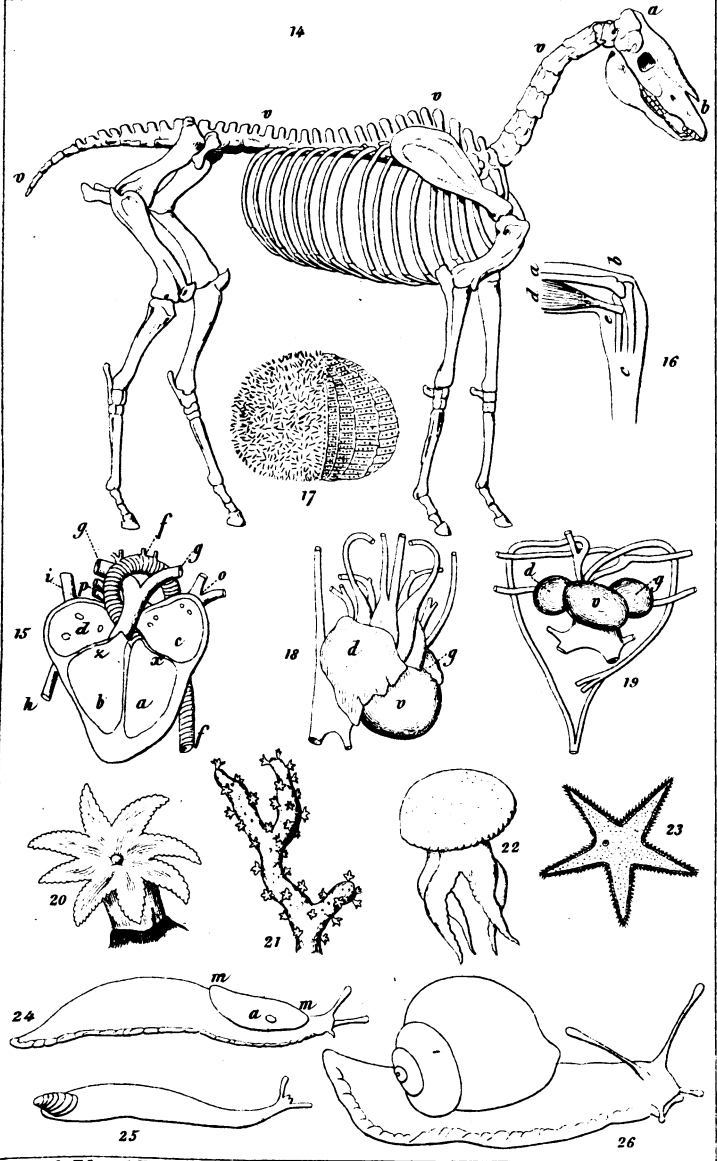
TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
AVANT-PROPOS	5
Observation sur les renvois.	11
Molécule organique.—Vésicule élémentaire	13
LA VÉGÉTATION	14
Séries végétales	55
Les parasites	71
Phénomènes d'ordre supérieur chez les végétaux.	75
Classifications. — Nomenclature	79
DE LA SÉRIE	101
La Flore forme-t-elle une seule série	135
L'ANIMALITÉ	139
Séries animales	181
Parasites	247
La Faune forme-t-elle une seule série	251
Qu'est-ce que la vie.	258
Analogies et différences.	262
Modifications des espèces	273
Pouvoir modificateur	294
Groupements des atomes	299
ORIGINE DE LA VIE	304
Composé vital.	307
Preuves	313
Solution rationnelle.	318
Des lois	325
Errata et notes	333

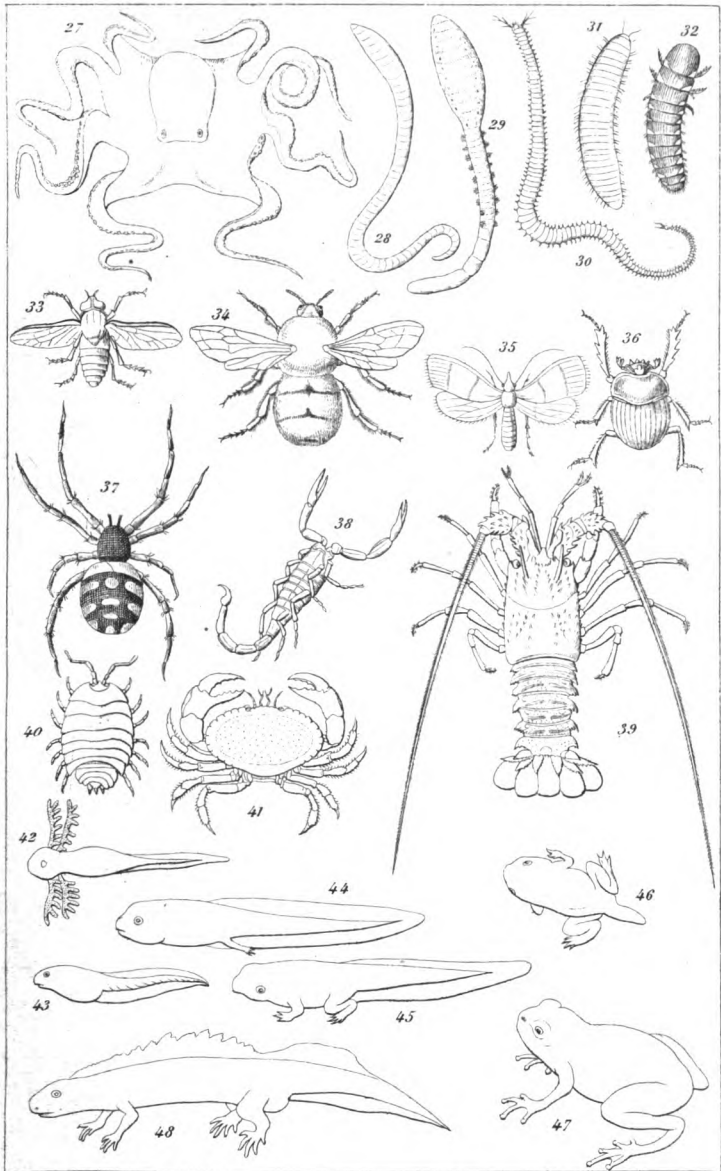
FIN DE LA TABLE.



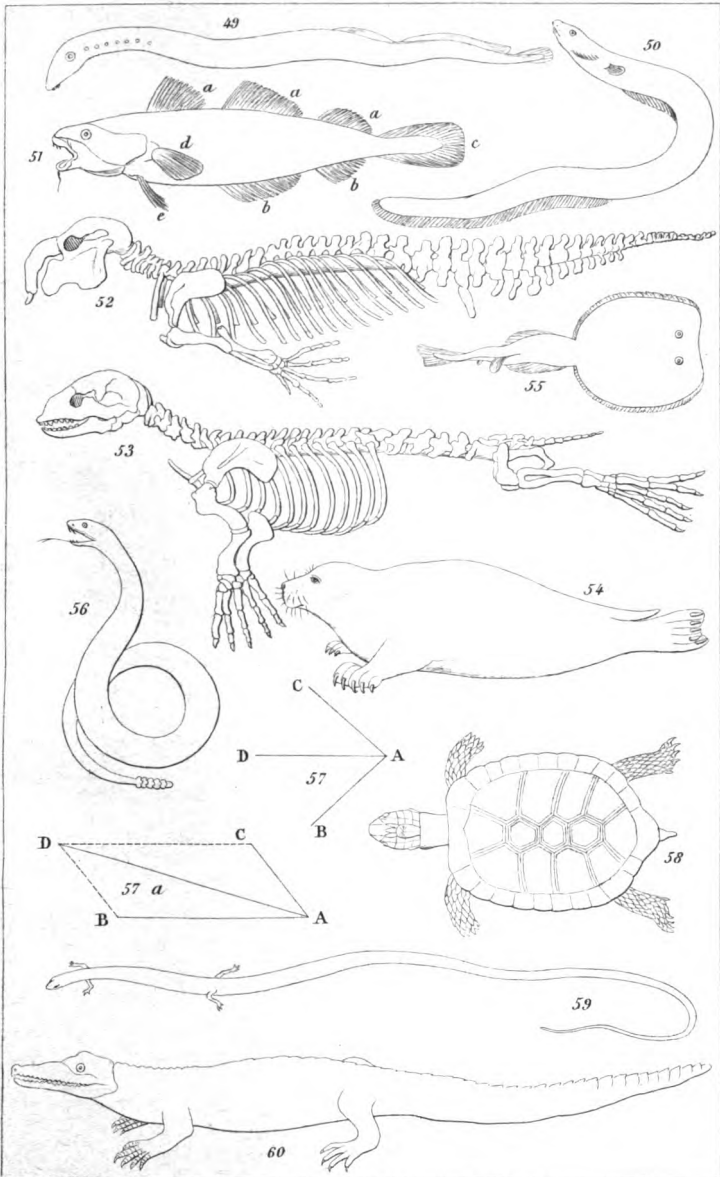
Imp. lith Edouard Keym à Bruxelles.



Imp. lith. Edouard Keym Bruxelles



Imp lith. Edouard Keym, Bruxelles.



Imp lith Edouard Keym Bruxelles.

Ouvrages du même Auteur :

**Les commencements du monde. Genèse selon la
Science (livre I^{er})**

Sous presse :

**Genèse selon la Science, Histoire de l'Organisation,
Géologie (livre III).**

Pour paraître en 1860 :

ESSAI SUR LA RÉVOLUTION DE 1848,

IMPRIMERIE DE J. H. BRIARD,
Rue aux Laines, 4, à Bruxelles.

