

---

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.

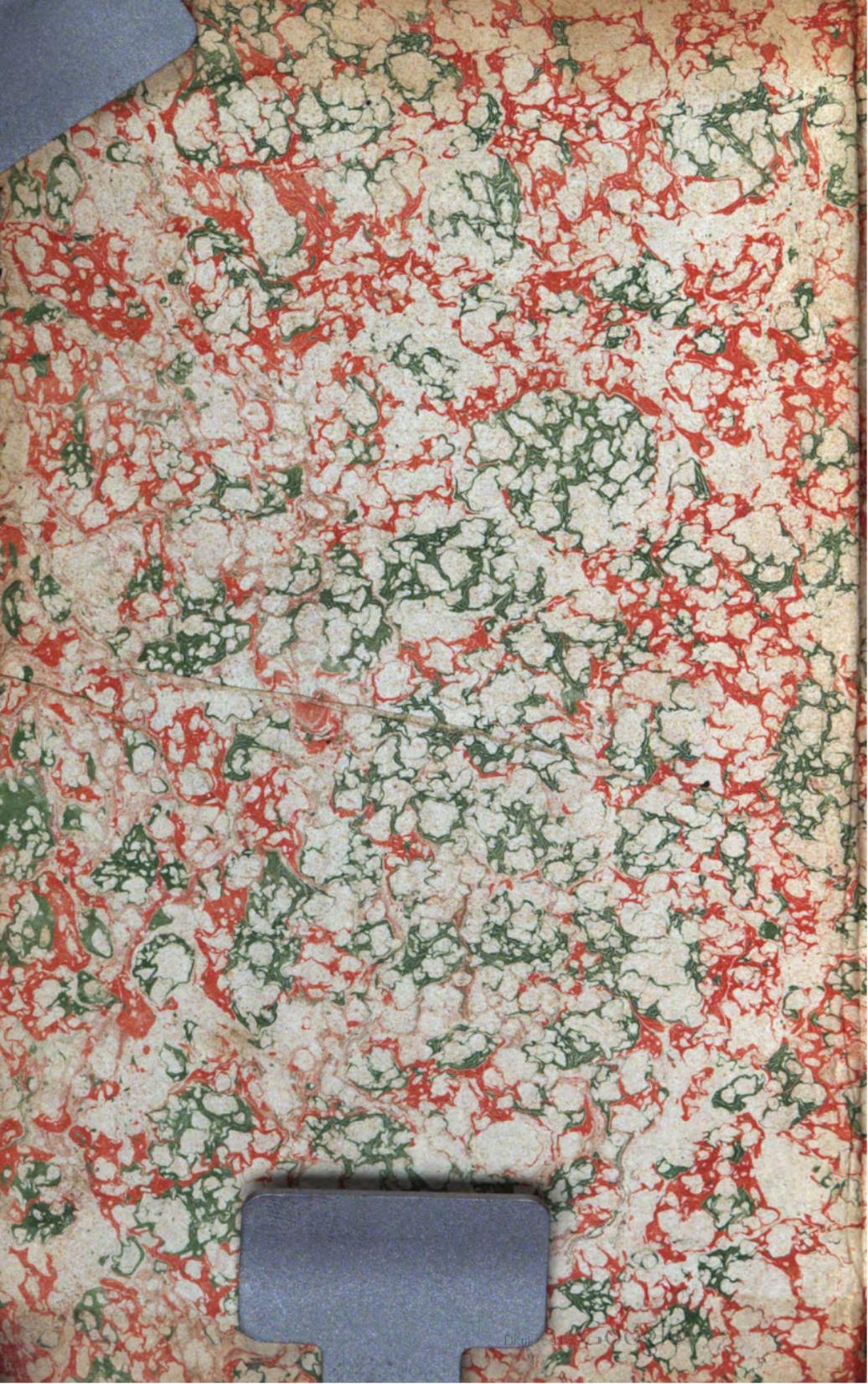
Nous vous demandons également de:

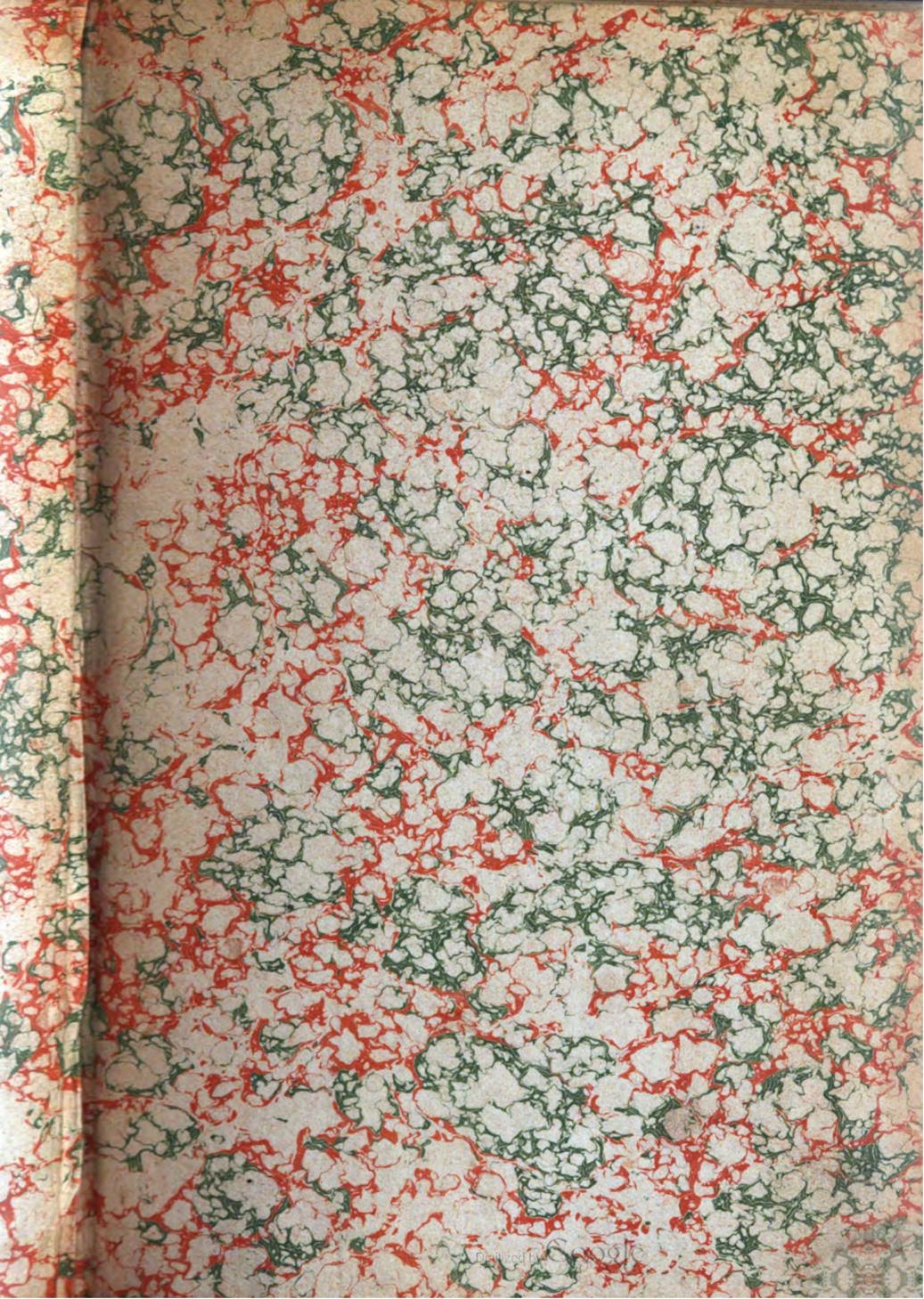
- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *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>







~~128-5~~

46-12-5

~~128-5~~

20.11.1956



**SCIENCE**  
**ET**  
**PHILOSOPHIE.**





**SCIENCE**  
**ET**  
**PHILOSOPHIE.**



L'Auteur et l'Éditeur de cet Ouvrage se réservent le droit de le traduire ou de le faire traduire en toutes langues. Ils poursuivront, en vertu des Lois, Décrets et Traités internationaux, toute contrefaçon, soit du texte, soit des gravures, ou toute traduction faite au mépris de leurs droits.

Le dépôt légal de cet Ouvrage a été fait à Paris dans le cours de 1862, et toutes les formalités prescrites par les Traités sont remplies dans les divers États avec lesquels la France a conclu des conventions littéraires.

---

Tout exemplaire du présent Ouvrage qui ne porterait pas, comme ci-dessous, la griffe de l'Éditeur, sera réputé contrefait. Les mesures nécessaires seront prises pour atteindre, conformément à la loi, les fabricants et les débitants de ces Exemplaires.

*Mallet-Bachelier*



**FACULTAD DE DERECHO**  
Biblioteca

Ej. Consulta en Sala  
Excluido de préstamo  
(201)

---

PARIS. — IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER,  
rue de Seine-Saint-Germain, 10, près l'Institut.

SEMINARIO DE FILOSOFIA DEL DERECHO

INVESTIGACION

FONDO AYUDA

Deposito

D (FA)  
50.729

SCIENCE

ET

HILOSOPHIE,

PAR M. AUG. LAUGEL,

Ancien Éleve de l'École Polytechnique, ex-Ingénieur des Mines.

BIBLIOTECA U.C.M.



530846194X



FACULTAD DE DERECHO

Biblioteca

Ej. Consulta en Sala  
Excluido de préstamo  
(201)

PARIS,

MALLET-BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1863

(L'Auteur et l'Éditeur de cet Ouvrage se réservent le droit de traduction.)

"EXCLUIDO DE PRESTAMO"

X532519093

# TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
Des rapports de la science et de la philosophie. — Introduction.....	IX
De l'esprit de la physique moderne.....	3
La philosophie chimique et les travaux de M. Berthelot....	33
Le soleil d'après les découvertes récentes de MM. Kirchhoff et Bunsen.....	75
Progrès et découvertes de la météorologie.....	105
Progrès et découvertes de la paléontologie.....	145
M. Agassiz et ses travaux, ses théories sur la pluralité des créations et la classification des êtres.....	189
Nouvelle théorie d'histoire naturelle. — L'origine des espèces.....	239
Le problème de l'âme devant la métaphysique et la science.	283



**FACULTAD DE DERECHO**  
Biblioteca

Ej. Consulta en Sala  
Excluido de préstamo  
(201)



**DES RAPPORTS**

**DE**

**LA SCIENCE ET DE LA PHILOSOPHIE.**



# DES RAPPORTS

DE

## LA SCIENCE ET DE LA PHILOSOPHIE.

---

### INTRODUCTION.

La science n'a pas toujours occupé dans le monde la place éminente qu'elle y tient aujourd'hui : elle n'a pas toujours été admise, avec la religion et la philosophie, à diriger l'esprit humain. Longtemps son autorité a été méprisée, combattue ; pendant la Renaissance, elle subit à la fois la pédantesque autorité de l'École et les rigoureuses persécutions de l'Église. Tous ses titres ont été un à un contestés, jusqu'au jour où elle a contesté elle-même ceux de ses adversaires.

Jadis, cultivée dans l'ombre et ne livrant ses secrets, comme un fruit défendu, qu'à un petit nombre d'adeptes, condamnés par la crainte au silence, la science proclame aujourd'hui ses vérités avec une complète indépendance. Les savants du xvi<sup>e</sup> siècle ne formaient

encore qu'une république peu nombreuse et ignorée : leurs communications étaient rares, difficiles, enveloppées de mystère ; leurs travaux n'étaient connus que dans le cercle le plus étroit. Le jour vint cependant où la science, enhardie par ses premiers succès, sortit de l'obscurité et de la retraite.

De nos jours, elle a si bien changé la condition des peuples par une succession d'éclatantes découvertes, que son nom est dans toutes les bouches. Son personnel est si nombreux, qu'on ne peut plus le compter : elle se mêle de plus en plus au mouvement extérieur des sociétés ; elle a partout sa place, dans les conseils des nations, dans les armées, les flottes, les écoles. Elle doit surtout cette fortune nouvelle aux services éminents qu'elle rend à l'humanité. Est-il nécessaire de les énumérer et chacun n'en reçoit-il pas une part ? Tous les jours ils se multiplient : il n'est pas un acte de la vie humaine où la science n'intervienne pour le rendre plus facile, plus fécond, moins périlleux. Elle élève et embellit nos demeures, elle conduit les vaisseaux sur les mers, en accélère la vitesse et en centuple la force ; elle nous habille, nous nourrit, fertilise les campagnes, éclaire les villes, nous dispense du travail par mille artifices ingénieux, met à notre service toutes les forces de la nature et nous préserve en même temps contre leurs violences ; elle nous donne l'air, le feu, la lumière ; elle perfectionne

les arts de la guerre et de la paix, elle est l'arme la plus puissante de la civilisation. Pour comprendre toute l'étendue de ces bienfaits, auxquels nous sommes si accoutumés, que nous oublions aisément à qui nous les devons, il faut se figurer l'homme sauvage, sans autres armes que ses deux mains, sorti nu du sein de la nature, en ignorant toutes les lois, ne sachant même pas qu'elles existent et jeté dans la terreur par tout phénomène inattendu, luttant misérablement contre des forces qui l'accablent, vivant enfin, suivant la belle expression d'un ancien, sans connaître les raisons de vivre.

Si grande que soit notre reconnaissance envers la science, nous avons pourtant le droit de lui demander davantage. Les services qu'elle rend à l'humanité ne sont-ils pas trop de l'ordre purement physique, et tiennent-ils assez à l'ordre moral? Je ne suis pas, je me hâte de l'avouer, de ceux qui pensent que le progrès matériel soit chose indifférente. Sans doute, pour être mieux chauffé, mieux nourri, mieux vêtu, pour vivre plus commodément, l'homme n'est pas meilleur : le raffinement de la vie peut faciliter la corruption des mœurs et hâter l'avilissement des caractères; mais, d'une autre part, un certain degré de bien-être et de liberté physiques semble, sinon nécessaire, au moins favorable à l'exercice de l'intelligence, et il est naturel de croire que plus le corps est

débarrassé des entraves matérielles, plus aisément la pensée peut s'élever à la contemplation des choses idéales. On a vu des hommes accablés par les tortures physiques, ou vouant eux-mêmes leur corps à la souffrance, conserver leur âme libre dans les douleurs et dans l'abjection, sortir en quelque sorte de la matière pour vivre dans la pure et idéale atmosphère de la pensée; une telle existence peut convenir à l'homme fait, dont le robuste corps est capable de soutenir longtemps l'assaut des forces naturelles: mais qui songerait à l'imposer à la tendre enfance, à la jeunesse? En écrasant la fleur, on se priverait du fruit. Le stoïcisme et le cynisme n'ont jamais été que le refuge, la ressource dernière de quelques âmes fières et intraitables, la protestation isolée de l'esprit souverain contre les complaisances des âges corrompus: ils ne peuvent être acceptés par l'ensemble de l'humanité. Une nécessité impérieuse pousse l'homme dans les voies du travail; la science lui sert d'auxiliaire, elle met à ses ordres la nature elle-même, devenue une alliée après avoir été une ennemie, elle le délivre des servitudes les plus pénibles. Une fois délivré, c'est à lui de bien user de sa liberté: on lui donne un trésor, c'est à lui de le ménager. On lui dit: Marche! il doit chercher lui-même son chemin. Mais le chemin est sombre, et c'est en vain qu'il se retourne vers la science pour lui demander un appui. Elle ne s'égare jamais hors de ce qu'elle nomme elle-même

son empire, et reste muette quand on lui pose certaines questions.

Il faut admirer à quelques égards la réserve inflexible de la science, cette volonté, si maîtresse d'elle-même qui ne se laisse pas entraîner au delà de certains points, cette sagesse qui repousse l'examen des mystères, sur lesquels l'esprit s'est jeté dans tous les temps avec une irrésistible ardeur, cette méthode sûre d'elle-même qui se fixe, se concentre sur des objets bien définis, cette modestie enfin qui se contente de petites victoires, une à une remportées, sans viser à des triomphes complets. En refusant de franchir le seuil de la religion et de la philosophie, la science moderne jouit peut-être secrètement de leurs contradictions : comptant son trésor qui grossit chaque jour, elle sourit de ces ambitions qui veulent saisir l'insaisissable. Comme un monument auquel on ajouterait sans cesse des ailes et des étages nouveaux, elle s'étend, elle s'élève, elle s'élargit constamment et pierre à pierre, l'édifice a pris des proportions si colossales, qu'on s'y perd déjà dans des dédales sans fin. Les philosophies, les religions achèvent au contraire leur ouvrage dans un jour : elles sont pareilles à Minerve, qui sortit tout armée du cerveau de Jupiter. Dans leur enthousiasme créateur, elles proclament leur œuvre parfaite et inébranlable, défient les injures du temps et des hommes. La science gagne toujours quelque chose et ne perd jamais rien : la philosophie visant à l'absolue

b

vérité et voulant pénétrer l'essence même de toute chose, construit des systèmes qui s'écroulent tout entiers, dès qu'un des appuis vient à s'affaisser.

Le divorce prononcé de notre temps entre la science et la philosophie est pourtant un fait nouveau dans l'histoire de l'esprit humain. La science jadis était considérée comme une branche même de la philosophie et les écoles idéalistes l'avaient même réduite à un état de complète subordination. Il est curieux, par exemple, de mettre en contraste les idées de l'époque actuelle avec celles que professait la philosophie platonicienne. Dans la *République*, Platon recommande l'étude des sciences, non pas à cause des avantages directs, pratiques, qu'on peut en retirer, mais parce qu'elles peuvent fournir de nouveaux éléments aux spéculations de l'esprit. Dans l'arithmétique il ne s'agit pas seulement de rechercher des procédés de calcul; en combinant, en groupant les nombres, la pensée joue avec des formes, indépendantes du monde extérieur et matériel. De même, il ne faut voir dans la géométrie que l'étude abstraite des figures que peut créer l'imagination. Platon reproche à Archytas d'avoir inventé des machines fondées sur l'application de certains principes mathématiques, et d'être ainsi descendu du rang de philosophe à celui de simple ouvrier.

« Rangerons-nous, dit Socrate, l'astronomie parmi les sujets de notre étude?—Je le pense, répond Glaucon;

elle sert à la connaissance des saisons, des mois, des années, est utile aux opérations militaires, ainsi qu'à l'agriculture et à la navigation.— Il m'amuse, dit Socrate, de voir combien vous avez peur que le troupeau des mortels ne vous accuse de vanter des études sans utilité. » Pour lui, les lignes que suivent les astres dans le ciel, sont comme les figures qu'un géomètre trace sur le sable, de simples représentations d'idées géométriques et mécaniques. Ni la médecine, ni même l'écriture alphabétique ne trouvent grâce devant Platon : plaçant le commencement et la fin de toute chose dans la pensée, accoutumé aux nuageux et changeants contours de l'ineffable, de l'indéterminé, Platon trouvait inutile tout ce qui l'arrachait à la contemplation des idées pures et tolérait seulement les sciences comme des instruments de la pensée, sans croire à leur indépendance, ni à leur utilité intrinsèque. Son indifférence en matière scientifique était poussée si loin, que dans le *Phédon* il se donne comme partisan du système cosmique du pythagoricien Philolaüs, qui faisait tourner la terre ainsi que le soleil autour d'un foyer du monde ou feu central hypothétique ; dans le *Timée*, au contraire, on le voit accepter le système de l'immobilité de la terre au centre de l'univers, système plus tard connu sous les noms d'Hipparque et de Ptolémée.

L'antiquité presque tout entière partagea ces étranges sentiments. Archimède n'appliqua, dit-on, qu'à regret

son esprit d'invention à la construction de ces fameux appareils avec lesquels il défendit son pays. Sénèque considérait comme indigne de la science tout service vulgaire. « De mon temps, écrivait-il, on a inventé des fenêtres transparentes, des tuyaux qui répandent également la chaleur dans toutes les parties d'un édifice, une sténographie qui a été portée à une telle perfection, que l'écrivain peut suivre le plus rapide orateur. Mais la découverte de pareilles choses est une occupation qu'il faut laisser aux esclaves les plus vils; la philosophie a une base plus profonde. Son devoir n'est pas d'apprendre aux hommes à se servir de leurs mains: l'objet de ses leçons est de former l'âme. »

Tous les philosophes de l'antiquité ne professaient pourtant pas les méprisantes opinions des idéalistes et des stoïciens: l'École ionienne et toutes celles qui s'en détachèrent, firent des efforts sérieux pour s'élever à une explication générale des phénomènes du monde matériel; mais, au lieu de procéder à la façon de la science moderne qui va du simple au composé, du connu à l'inconnu, du particulier au général, elles essayèrent de construire *à priori* des théories logiques, où toute chose devait trouver une place. Au fond de ces théories, pour la plupart confuses, enveloppées dans des mots et des formules que nous ne comprenons plus qu'à demi, se révèlent pourtant deux notions fondamentales. Ce qui y domine, c'est tantôt la croyance à des éléments

spécifiques, à un petit nombre de substances simples, indivisibles, composant tout l'univers ; tantôt c'est l'hypothèse d'une substance unique, divine, incréée, immatérielle, qui se mêle et se combine à la matière, communiquant le mouvement aux parties qui la composent, et leur imprimant par là même toutes les propriétés que nos sens y découvrent. C'est à ces conceptions cosmogoniques, fondées sur la croyance à des éléments simples, ou à une sorte de dynamique universelle et divine, que se rattachent les doctrines d'Empédocle, d'Anaxagore et d'Aristote. Ce dernier, si disposé par son esprit analytique à l'étude particulière et détaillée des phénomènes, fut cependant poussé par les habitudes de son temps à s'occuper de préférence des rapports généraux qui les unissent. Il voyait toutes choses de haut, en un vaste enchaînement. « Dans la nature, disait-il avec esprit, rien d'isolé, rien de décousu, comme dans une mauvaise tragédie. » Toutes ses œuvres témoignent d'un effort pour s'élever à des conceptions générales, au principe divin de la nature. Il croit pouvoir découvrir toute vérité avec les armes affilées de la logique.

Ce fut dans le cercle étroit de la logique aristotélicienne que s'exerça l'activité stérile de l'École scolastique : son intime alliance avec l'Église lui assura longtemps la suprématie, mais la condamna à l'immobilité et lui ôta toute influence sur les progrès de l'esprit humain.

b.

La révolution qui donna à la science une impulsion nouvelle remonte au chancelier Bacon; le rôle de ce grand homme fut moins de créer une philosophie et une méthode que de faire valoir avec une netteté piquante et une vigueur extrême les droits de l'observation et de l'expérience. Esprit froid et positif, il porta à l'idéalisme un coup dont il ne s'est jamais bien relevé en Angleterre : le caractère pratique de sa nation trouva en lui un organe, et la popularité dont il jouit encore malgré les faiblesses et les lâchetés de son caractère, tient à l'intime solidarité qui existe entre cet initiateur du progrès matériel et une race avide de bien-être et de richesses.

En France, la doctrine cartésienne servit pendant longtemps de moule à toutes les spéculations philosophiques. Elle n'établissait aucun antagonisme entre la métaphysique et la science. Formé à l'étude des mathématiques, Descartes était cependant emporté par son génie vers les conceptions générales et spéculatives : presque sans le secours de l'expérience, il tenta de tracer une théorie générale de l'univers en s'aidant des seules ressources du raisonnement. Il a été longtemps à la mode de jeter le ridicule sur les tourbillons, les atomes; je suis tenté de croire que la plupart des railleurs n'étaient guère en état de comprendre la cosmogonie compliquée de Descartes, et aujourd'hui encore il me semble qu'on accepte à peu près

●

sans examen sur ce point le jugement d'une critique surannée. La tentative de Descartes m'intéresse, au reste, moins par sa valeur propre, bien qu'elle ne soit point aussi méprisable qu'on l'a souvent prétendu, que parce que j'y vois l'œuvre d'un esprit assez audacieux pour embrasser le monde extérieur et le monde de l'âme dans une même conception, assez grand pour ne pas rejeter les phénomènes matériels hors du domaine de la philosophie.

Les disciples dénaturent et dépassent toujours la pensée du maître. L'école qui s'intitule volontiers spiritualiste a tiré de la fameuse déclaration de Descartes : *Je pense, donc je suis*, des conséquences quelquefois forcées. La recognition du moi implique par une corrélation évidente la recognition de ce dont le moi se détache et se sépare, du non-moi, du monde infini, quelles que soient d'ailleurs la nature et l'essence de celui-ci. Le problème métaphysique, envisagé dans toute sa généralité, ne peut donc se passer de la considération de l'univers infini, et par conséquent il embrasse à lui seul la multitude des problèmes particuliers que doivent résoudre les sciences. Chez tous les vrais cartésiens, on retrouve cette largeur de vues et de pensées. La conception de l'espace étendu, rempli par l'être en mouvement, avait préparé l'œuvre grandiose de Spinoza, mais Spinoza était trop supérieur à son temps pour en être bien compris.

Une réaction s'opéra contre le cartésianisme sous l'influence des découvertes newtoniennes. Le nom du grand astronome servit de drapeau aux encyclopédistes du xviii<sup>e</sup> siècle; ses découvertes parurent renverser les conceptions de Descartes, qui n'admettait pas qu'il existât de vide dans la nature. La notion des mondes isolés, séparés par l'espace vide, mus par une impulsion primitive, tel fut le fondement physique du déisme philosophique, doctrine étroite, propre à servir d'arme contre le fanatisme religieux, mais incapable de donner à l'esprit humain des vues profondes et une impulsion vigoureuse. Je ne sais s'il ne faut pas regretter l'emploi que Voltaire et son école firent des découvertes astronomiques de leur temps : bien qu'ils ressentissent une admiration enthousiaste pour la science, ils préparèrent la scission qui s'est opérée depuis entre elle et la philosophie.

La séparation se fit avec éclat à la fin du siècle dernier, quand les sciences, émancipées par la Révolution française, reçurent une organisation indépendante et en quelque sorte une sanction officielle par la création de l'Institut. C'est à cette époque aussi qu'elles commencèrent à se particulariser davantage et que se détendirent en conséquence les liens qui les avaient jusque là tenues réunies.

Les rapides progrès dus à la méthode expérimentale contribuèrent à déterminer d'une façon plus précise le

rôle et l'objet de chacune d'entre elles : on cessa de parler de philosophie naturelle, pour s'occuper exclusivement de mathématiques, de physique, de chimie. Cette dernière science sortit des ténèbres pour prendre rang parmi les connaissances positives. La minéralogie fut fondée par Haüy. L'étude des animaux fossiles ouvrit bientôt à Cuvier un champ d'études nouveau et donna à l'esprit humain une mesure pour sonder les abîmes des temps passés. La géologie, qui pendant longtemps n'avait créé que des romans cosmogoniques, devint une véritable science d'observation. Toutes les branches de l'arbre de la science se détachèrent en liberté du tronc commun et, grandissant avec une vitesse jusque-là sans exemple, se séparèrent de plus en plus.

Ces travaux, qui ont régénéré et centuplé les connaissances humaines, obéirent tous à une commune impulsion. Toute spéculation métaphysique en fut exclue, toute autorité philosophique ou religieuse rejetée. La science prétendit ne plus relever que d'elle-même, créa sa méthode et définit son objet. La doctrine baconienne devint son guide unique et se formula plus nettement, avec une rigueur de plus en plus dogmatique. Le monde, fut-il dit, nous entoure de toutes parts et nous présente l'infinie variété de ses phénomènes : observons les faits, comparons-les, au besoin suscitons-les pour mieux en étudier les particularités, et lorsque nous pouvons rapporter un certain ensemble

de phénomènes, reproduits dans des circonstances semblables, à une cause commune, reconnaissons cette cause, moins comme une entité réelle, que comme une formule synthétique. Enfermons ainsi tout ce qui tombe sous notre observation, tout ce que peut analyser notre pensée, dans un certain nombre de moules, aussi larges que possible : voilà l'esprit de la science moderne. En quoi surtout diffère-t-elle de l'ancienne ? Celle-ci créait en quelque sorte ces moules de toutes pièces, et cherchait ensuite à y faire rentrer de force tous les phénomènes que nous soumet la nature ou l'expérience ; aujourd'hui on suit la marche inverse : c'est le contenu qui détermine le contenant, et si par suite de quelque découverte nouvelle il vient à se modifier, le moule se brise et doit lui-même changer de forme et de grandeur.

Synthèses, théories, classifications, hypothèses, tout cela n'est plus regardé par nous que comme une œuvre de l'esprit qui ordonne ses propres connaissances et nous n'y attribuons aucune réalité objective, éternelle et nécessaire. Le dernier mot de ce système a été formulé d'une façon doctrinale par l'école dite *positiviste*.

En renonçant à la poursuite des causes pour se contenter de ce qui est seulement rapport et relation, Auguste Comte, l'auteur de la Philosophie positive, a prétendu écarter du domaine de l'esprit humain ce qu'il

déclarait cependant vouloir toujours reconnaître, c'est-à-dire un fait; car cet entraînement impérieux, invincible, vers les causes obscures et éloignées est un phénomène de l'ordre intellectuel, comme la chute des corps graves est un fait de l'ordre matériel : tous les temps, tous les hommes l'ont subi, et l'on ne se débarrasse pas plus facilement de cette curiosité de la pensée, en déclarant qu'elle doit renoncer à se satisfaire, qu'on n'écarte un danger en fermant les yeux.

Dans ce travail de reconstitution des connaissances humaines, la France s'est laissé entraîner par cette ardeur révolutionnaire qui dans l'ordre politique l'a menée à de si terribles extrémités : elle a brisé toutes les idoles du passé, et la science académique est restée seule debout, avec son scepticisme dogmatique et sa hiérarchie ordonnée. De nos jours, un savant qui, bien qu'étranger, peut être considéré comme Français par le tour d'esprit, Alexandre de Humboldt, a tenté de donner une description de l'univers, une véritable encyclopédie naturelle. On admire dans le *Cosmos* la magie du style descriptif, la grandeur des aperçus, la richesse d'un style qui, par la variété de ses formes et quelquefois par le désordre même et la multiplicité des détails, emprunte quelque chose au sujet grandiose de l'ouvrage; mais nulle part on ne rencontre une allusion à des causes premières, rien qui ressemble à une théorie générale, aucune vue hypothétique sur les forces

qui agissent dans le monde, sur l'essence de la substance matérielle, l'origine et le développement de la vie et sur tant d'autres sujets qui se posent sans cesse devant une pensée libre, comme autant de sphinx impénétrables. On trouve à cet égard des renseignements bien curieux dans des *Lettres et Entretiens* publiés par un jeune ami de Humboldt. Quand ce dernier aborda avec son illustre interlocuteur les questions philosophiques, il fut étonné de l'entendre décliner immédiatement sa compétence et déclarer qu'il avait de parti pris exclu du *Cosmos* toutes les questions spéculatives.

« Je connaissais bien, dit-il, l'aversion de Humboldt contre une certaine philosophie, mais je fus étonné de l'opposition qu'il me parut manifester contre les philosophes en général. Je répliquai que c'était justement le *Cosmos* qui m'avait poussé aux études philosophiques et qui m'avait fait méditer sur la nature du monde et de l'esprit ». « Des esprits curieux comme le vôtre, lui répondait Humboldt, qui découvrent en moi de grandes facultés, ne comprennent pas comment j'ai pu vivre quatre-vingts ans dans le monde sans me familiariser avec la philosophie. Mais la philosophie est une science particulière qui exige des aptitudes particulières, comme l'histoire, les mathématiques ou la philologie. » Il y a plus d'un savant qui pourrait faire la même confession que Humboldt et qui, s'il était sincère, l'enve-

lopperait sans doute de plus de méfiance et de dédain pour les sciences purement spéculatives.

La division du travail, devenue nécessaire dans le domaine de la pensée comme dans l'industrie, a asservi chez nous les meilleurs esprits à des tâches distinctes et de plus en plus bornées : ce qui sort de limites bien tracées, paraît tout de suite toucher le rêve et la chimère. On a créé une distinction mensongère entre les faits et les idées, et dans le monde on a trouvé deux mondes. La philosophie régnante, s'il y a encore une vraie philosophie depuis que se sont tues les voix éloquentes qui jadis avaient tant de retentissement, ne songe qu'à maintenir intact le domaine resserré qu'elle s'est assigné, et paraît craindre l'invasion de l'esprit scientifique autant que le fanatisme religieux l'avait autrefois redoutée. Faisant de l'âme humaine le centre exclusif de ses études, elle ne juge plus nécessaire d'avoir une opinion sur les phénomènes du monde visible, sur la substance éternelle qui se modifie sans cesse autour de nous. Le voudrait-elle, elle ne le pourrait sans doute pas ; attardée dans une psychologie sans issue, elle n'a pris aucune part au mouvement des grandes études modernes, elle ignore les découvertes de la science et a renoncé à la glorieuse tradition des Descartes, des Leibnitz, des Pascal, des Newton, dont le vaste génie s'ouvrait librement sur toutes choses.

Que faire pour combler l'abîme qui sépare la philo-

c

sophie des sciences, et opérer un rapprochement que chaque jour semble rendre plus impossible? Si difficile que paraisse cette œuvre, il faut la tenter : que le monde matériel doive être considéré comme formé d'une essence incréée, ou ne soit que le reflet mobile de notre propre pensée, que la substance et le phénomène demeurent éternellement distincts ou ne soient qu'une seule et même chose aperçue à des points de vue différents, quel que soit le système philosophique auquel on s'attache, il n'est pas indifférent de montrer quel genre d'harmonie l'on peut découvrir entre les vérités révélées par la divination spéculative et celles que l'observation a conquises. Jamais sans doute cette harmonie ne sera complète; jamais nous ne connaissons les liens infinis qui unissent l'être et le paraître : ce qui nous importe, c'est peut-être moins de connaître ce grand secret que de le rechercher; c'est de ne pas emprisonner l'âme, mais de la laisser grandir et s'élever aux horizons les plus lointains. Qui pourra jamais lui opposer une limite? L'infini seul peut la satisfaire : il nous tue, mais il nous fait vivre.

On cherche en vain les raisons qui ont pu déterminer tant d'esprits, élevés d'ailleurs, à placer des barrières inflexibles entre la science spéculative et les sciences dites positives. Y aurait-il, en effet, deux mondes, l'un solide, inébranlable, composé d'éléments indestructibles, l'autre insaisissable, vide ou seulement traversé

par de flottantes chimères, le monde des rêves et des images à côte de celui des réalités? Serions-nous d'une part assurés de toute certitude, appuyés sur les fondements les plus inébranlables, possesseurs d'incontestables vérités, de l'autre réduits à n'embrasser que des ombres et à user en vain notre force en poursuivant les mirages d'une trompeuse imagination? Qui ne s'est posé ces questions et n'a laissé rouler sa pensée dans les abîmes qu'elles entr'ouvrent? Il faut y répondre pourtant, et répéter à propos de la philosophie ce qu'on a dit souvent de la religion : qu'un peu de science en éloigne et que beaucoup y ramène.

Sortons des limites des sciences particulières, examinons-les seulement dans ce qu'elles ont de plus général, de plus universel : nous découvrirons bientôt qu'elles se rattachent entre elles et se lient toutes ensemble à une science unique, plus vaste, plus compréhensive, qui n'est autre que la philosophie. Dira-t-on qu'elles diffèrent par l'objet ou par la méthode? Mais l'objet de toute vraie philosophie étant de sa nature infini, comprend nécessairement tous les objets particuliers. Quant à la méthode, il faut qu'elle soit une comme la vérité elle-même, et les noms divers qu'elle revêt ne peuvent que voiler, non détruire cette identité fondamentale.

On a cru longtemps, beaucoup croient encore qu'il y a un art particulier de découvrir le vrai, qu'un tel art

a ses règles, ses combinaisons propres, je dirais volontiers ses secrets ; la méthode logique, fondée par Aristote, a pendant des siècles asservi la philosophie : on crut qu'on pouvait forcer la nature dans ses retranchements, comme on prend une place de guerre à l'aide de circonvallations et de tranchées. Il serait aujourd'hui superflu de faire la critique approfondie de la méthode aristotélique. De grands esprits en ont montré l'insuffisance et les contradictions. Le vice principal des écoles logiques a été de donner à la forme du raisonnement l'importance qui ne doit appartenir qu'à ce qui en est l'objet. « Ce n'est pas, disait Pascal, Barbara et Baralipon qui forment le raisonnement. » Un syllogisme n'a de valeur réelle qu'autant que la conséquence se trouve implicitement renfermée dans les prémisses : tout ce que nous faisons, est de l'exprimer sous forme explicite ; mais cette opération subjective ne ressemble en rien à une génération d'idées et n'implique aucune causalité essentielle.  $a = b$ ,  $b = c$ , d'où  $a = c$ , voilà la forme invariable, le squelette de tous nos raisonnements : c'est une suite d'identités, ou plutôt le même objet envisagé sous trois points de vue divers, à des distances inégales.

Plus on approfondit cette pensée, plus on peut se convaincre que le raisonnement ne consiste que dans la contemplation, ou, pour emprunter le mot favori des sciences, dans l'observation des objets intellectuels.

Une notion étant donnée, l'esprit habitué à méditer la regardera sous tous les angles, y découvrira tout ce qu'elle contient: ce qui pour le vulgaire restera un nom, un signe, deviendra pour lui une réalité idéale. Ainsi le minéralogiste prend dans ses mains ce que chacun appellerait une pierre, y mesure des angles, y observe des combinaisons géométriques, atomiques, numériques, des associations de substances diverses. Parmi les sciences proprement dites, il en est au reste qui forment une catégorie très-importante et dont l'objet n'est pas matériel; elles se développent autour d'une idée primitive, comme autour d'un centre: l'idée du nombre contient en germe toute l'arithmétique, celle de l'espace la géométrie, celle du mouvement la mécanique. Nous appliquons à l'étude des phénomènes les lois que ces sciences nous révèlent, mais les mathématiques ne nous obligent pas aux applications et nous fournissent des instruments pour voir dans un monde purement abstrait. A l'entrée de toute science spéculative, il y a un axiome, un postulatum, une définition. C'est là, sur le seuil, qu'il faut s'arrêter un instant: toute la science en découle; mais cette vérité première n'est pas fournie par le raisonnement: elle s'impose par sa clarté, son évidence. Que signifie cet aveu, sinon qu'il y a là un fait et que nous reconnaissons forcément tout ce qui se montre à nous comme existant? Mais ces axiomes sont pour la plupart indépendants des réalités

c.

tangibles; il faut donc que les *faits* de l'ordre intellectuel s'imposent à nous avec non moins de force que ceux de l'ordre matériel. L'idée frappe l'esprit aussi invinciblement que la pierre frappe la terre dans sa chute.

Dira-t-on que c'est seulement la pauvreté des mots, des langues, qui contraint l'homme à s'arrêter à une définition, parce que les premiers termes qu'on voudrait définir en supposeraient d'autres pour servir à leur explication, et ainsi de suite? Je ne puis voir dans cet argument qu'un sophisme; car ce n'est pas seulement dans les termes que l'esprit trouve une limite, c'est aussi dans les choses: dès qu'elles deviennent simples, indivisibles, il ne peut les définir, non que les mots lui fassent défaut, mais parce que toute définition vraie est une spécification; or spécifier un objet, c'est le distinguer d'objets analogues, par des qualités propres et particulières; mais le simple, le primitif n'a point d'analogues. C'est pour ce motif, et non pour un autre, qu'on ne peut définir le temps et l'espace. « Le manque de définition, dit avec raison Pascal dans ses *Pensées*, est plutôt une perfection qu'un défaut, parce qu'il ne vient pas de l'obscurité des objets, mais au contraire de leur extrême évidence. »

Les principes fondamentaux des sciences ne sont point révélés par le raisonnement; nous les possédons par une observation directe, spontanée, irrésistible, qui entraîne la conviction, assujettit la pensée et la con-

science, aussi nécessairement que la lumière agite les molécules éthérées ou que la chaleur dilate les corps. Ces faits intellectuels se renouvellent à tout instant dans la pensée humaine, souvent à notre insu : ils président en quelque sorte à la naissance de l'âme ; ils forment l'atmosphère dont elle se nourrit. Nous vivons dans le temps, l'espace, le nombre, aussi bien que dans l'air respirable. D'où partent ces traits qui nous touchent sans cesse ? peu importe au fond : sans discuter l'origine des idées, il nous suffit de savoir qu'il y a un monde idéal aussi bien qu'un monde pesant et tangible, que la pensée vivante le traverse, s'y meut, en recueillant des idées, ainsi que nos yeux recueillent des images en s'ouvrant sur les phénomènes visibles. Les sciences spéculatives n'ont d'autre moyen de s'agrandir que l'observation, tout comme les sciences physiques : ce qu'elles observent est seulement différent. *Raisonner, c'est observer les idées.*

Examinons cependant la méthode des sciences d'observation, pour en saisir aussi la véritable nature et l'objet définitif : cette méthode, on le sait, se nomme l'expérience. Mais la science est-elle constituée quand on s'est contenté d'enregistrer des faits, d'étudier les rapports des choses sans chercher à en pénétrer la substance, quand on a même, non content des phénomènes que la nature présente, suscité des phénomènes nouveaux ? Non sans doute ; ce n'est pas assez d'accumuler

les nombres et les mesures, de compter pièce à pièce ce trésor infini où peuvent plonger sans relâche nos mains et nos regards. Nous cherchons quelque chose derrière les faits. Celui-là concevrait une étrange et bien étroite notion de la méthode expérimentale, qui s'imaginerait qu'elle ne demande à ses adeptes que des yeux et pas de réflexion. De quoi parle-t-on sans cesse dans les sciences, sinon de lois naturelles? Or qu'est-ce qu'on peut entendre par la loi des phénomènes, sinon l'idée dont ils sont l'expression changeante, accidentelle, sans cesse renouvelée? Le monde phénoménal et le monde idéal, disait Bacon, se ressemblent comme un cachet et l'empreinte qu'il laisse sur la cire : qui ne regarderait que l'empreinte ne connaîtrait que la moitié de la vérité. L'infini qui nous entoure n'est pas un vain tableau où se succèdent figures, formes, couleurs, au hasard et sans ordre; c'est un tableau merveilleux dont toutes les parties agencées se règlent mutuellement et se meuvent suivant des lois précises et d'une action universelle.

On a prétendu, il est vrai, que ces lois découvertes par les sciences, cette synthèse à laquelle doit aboutir le travail patient de l'expérimentation et de l'analyse, n'ont pas de valeur absolue; que ce sont seulement des formes subjectives où il nous convient d'enfermer nos connaissances, afin de ne pas les laisser perdre. Je ne méconnaissais pas la force de cette objection : Newton lui-

même ne considérait la grande loi de l'attraction universelle, à laquelle son nom restera immortellement attaché, que comme une loi toute subjective, une formule où se résument les conditions particulières des mouvements célestes. Quand nous disons que les corps s'attirent, nous devrions simplement comprendre que les choses se passent comme si les corps s'attiraient. L'attraction universelle n'est point la cause des mouvements planétaires, elle en est, si l'on peut s'exprimer ainsi, l'effet observable.

La forme de nos langages nous obligera toujours à envelopper d'expressions trop humaines, si je puis dire, les lois que notre raison percevra dans le monde matériel; mais parce que nous pouvons difficilement dégager la notion du monde extérieur de ce que nous nommons qualité, parce que nos synthèses ne sont pas assez complètes pour permettre de reconnaître parmi tant de lois celles qui embrassent virtuellement toutes les autres, irons-nous, par un excès de logique absurde, jusqu'à déclarer qu'en dehors de notre pensée il n'y a en fait aucune loi inhérente à la substance elle-même? Entre ce qui est et ce qui connaît, on peut imaginer une série, non arbitraire, mais plus ou moins serrée de termes, pareils à des verres transparents à travers lesquels on regarderait un objet; les deux termes extrêmes subsistent dans leur essence, quel que soit le mode qui les unit, l'aperception qui décele l'un à

l'autre. Reconnaissons, avec Newton, que l'attraction universelle n'est qu'une formule; mais ce qui fait que les corps célestes y obéissent, ce je ne sais quoi qui les empêche de sortir des orbites et les y maintient assez invariablement pour que les astronomes puissent à l'avance indiquer les points du ciel où il faut les chercher à une heure donnée, ce phénomène enfin que nous saisissons seulement par le côté géométrique, a sa raison d'être dans un loi réelle, inhérente au monde, indépendante de l'esprit humain.

Nous connaissons seulement cette loi sous la forme que notre nature nous permet de saisir, nous n'en pénétrons pas l'essence intime; devons-nous pour cela en nier la réalité? Autant vaudrait refuser de croire à l'existence de la matière, parce qu'elle ne se découvre pas à nous dans sa substance, mais seulement dans ses manifestations diverses. Nous nous faisons illusion en croyant la connaître entière, parce que nous la touchons, la sentons, la voyons : tous ces actes des sens ne nous fournissent que de fugaces impressions; notre science ne se compose que de ce qui est recueilli par des organes, serviteurs peu nombreux et sujets à erreur. Avouons, en nous élevant au-dessus de notre notion informe de la matière, que nous ne savons rien ou presque rien de ce qui en est la substance, le tout; mais cette ignorance devra-t-elle tourner forcément en scepticisme? Faudra-t-il imiter ces philosophes qui ont argué

de l'imperfection des sens pour nier le monde extérieur? Platon parle d'un homme qui verrait mouvoir sur un tableau toutes sortes d'ombres fantastiques, sans apercevoir les corps dont ils seraient la représentation et qui attribuerait une réalité propre à ces fantômes. Entrant dans cet ordre d'idées et mettant en suspicion les impressions des sens, Kant s'est laissé entraîner jusqu'au doute absolu, relativement à l'existence du non-moi. Mais si trompeuses que soient nos impressions et si incomplètes, quelque chose sans doute les produit : un bâton droit me semble dans l'eau recourbé ; cette apparence ne détruit point la réalité du bâton. Imaginez que les impressions du monde externe ne parviennent à ce qui les perçoit qu'après avoir traversé une série de milieux où tous les caractères primitifs de phénomène s'effacent, se transforment, se déforment, il n'y en a pas moins derrière ces milieux, ces enveloppes, un fait, une réalité.

Il en est tout à fait de même dans l'ordre intellectuel : les lois que trace la science ne sont pas seulement une expression abstraite, une création de la pensée, elles sont l'empreinte qu'une réalité idéale imprime à cette pensée : image oblique, incomplète, face particulière d'un objet dont l'ensemble se dérobe à notre connaissance. La forme du miroir détermine la forme et la grandeur de l'image, mais celle-ci pourrait-elle se produire si rien ne la déterminait? Il n'y a pas de

représentation sans modèle, pas de copie sans original. Singulière imagination qui consiste à mettre dans le cerveau d'un homme l'unique réceptacle de tant de vérités, embrassant un sujet infini, le nombre, l'espace, le mouvement, la variation! bien loin qu'elles soient notre création, nous ne faisons que les voir, à mesure que notre raison se dégage plus librement des ténèbres et des nuages qui l'enveloppent. La lumière du vrai inonde le monde, et si nous en recevons quelques rayons, il ne faut point croire qu'ils s'allument en nous-mêmes.

On entend dire : « Le monde existe, il faut donc qu'il existe de quelque manière, l'existence impliquant nécessairement un mode : nous donnons à ces modes, tels que nous les percevons, le nom de lois, nous les proclamons éternels, nécessaires, divins; mais nous en dirions autant s'ils étaient autres : notre admiration n'est pas libre ». Je ne connais pas de raisonnement plus impitoyable : c'est celui des âmes blessées, indignées contre les injustices qui les accablent ou les infirmités qui les humilient. Qu'y répondre? On veut retenir mon enthousiasme, m'empêcher de jouir trop ardemment des harmonies du monde, de trop aimer cet idéal du beau, du vrai, que ma raison y cherche : on me dit que si toute chose était changée de fond en comble, je m'attacherais à un autre idéal et ne connaîtrais pas même les idoles que je sers aujourd'hui. Mais, demanderai-je, ce monde

peut-il être changé? L'être éternel dépend-il d'un vœu, d'un caprice de l'imagination? Pour moi, je ne puis l'imaginer autre, pas plus que je ne peux le supposer tombé dans le néant. Il faut également se méfier de ces théologiens qui, préoccupés de démontrer à l'homme l'existence de Dieu, cherchent à l'y intéresser en quelque sorte et lui font voir toutes les forces naturelles, toutes les lois physiques conspirant en sa faveur; et de ces sceptiques, qui ne veulent reconnaître aucune des harmonies du monde, et n'y aperçoivent qu'une juxtaposition indéfinie de phénomènes, déterminés les uns par les autres, dont la série illimitée, si loin qu'on la poursui-ve, ne saurait mener à l'absolu. Non sans doute, l'é-difice immense des cieux n'a pas été construit pour servir de cadre à ce point étroit où l'humanité a trouvé son berceau et où sa destinée s'agite; l'équilibre du monde ne se perpétue pas uniquement afin que notre demeure d'un jour reste stable : nous ne mêlons que pour un instant notre faible voix à un concert sans commencement et sans fin, mais les notes qui nous arrivent de toutes parts peuvent remplir notre âme de ravissement et l'élever vers les plus hautes et les plus religieuses pensées. Rattacher à l'existence bornée d'un être tel que l'homme la conception de ce que nous nommons les lois du mouvement, les idées de l'infini, de l'être absolu, les entités idéales dont les phénomènes visibles sont la représentation passagère, c'est trop

d

grandir la pensée humaine : les idées ne naissent pas avec nous ; il est facile d'imaginer que l'homme, sa planète, le système solaire où elle tourbillonne, ne soient jamais sortis des limbes cosmiques ; mais on ne peut imaginer comment l'intelligence personnelle s'élèverait forcément des phénomènes à des concepts sans matérialité, s'il n'existait dans le monde même aucune loi, aucune corrélation entre des éléments sans cesse variables et des idées qui en règlent les variations. »

L'observation scientifique est donc un moyen de découvrir des idées : l'expérimentation, l'analyse, sont le premier acte d'une opération de l'esprit, qui doit être achevée par une synthèse. L'acquisition de certaines lois générales étant le but de toute science et le terme auquel elle doit tendre, il en résulte que la méthode expérimentale est généralement obligée de chercher un guide dans quelque idée préconçue, de façon qu'il ne reste plus qu'à constater l'accord entre la loi naturelle et la loi devinée par la spéculation mentale. Les découvertes qui sont dues uniquement au hasard, ne sont pas indifférentes à la science ; elle s'en empare, mais pour les féconder, il faut qu'elle les analyse à un point de vue idéal ; il faut que l'esprit de système y cherche le germe de vérités ultérieures. Pendant combien de siècles n'a-t-on pas connu l'attraction que l'ambre frotté exerce sur les corps légers, sans que ce fait eût fait soupçonner la nature et les lois de l'électricité ?

La méthode expérimentale, dans son application la plus humble, ne peut rien obtenir sans l'intervention du raisonnement : il nous faut sans cesse rectifier par la pensée les impressions que nous envoie le monde phénoménal. Est-ce l'observation seule qui aurait pu nous faire connaître les mouvements des corps célestes? Elle nous montre le soleil se levant chaque matin sur notre horizon et traversant d'une course rapide la voûte céleste : les sens condamnent Copernic, la raison Ptolémée. Depuis Kepler et Newton, personne n'ignore que les planètes dessinent des ellipses autour du soleil : mais quel observateur, privé des ressources du raisonnement, reconnaîtrait la nature de ces orbites dans les courbes complexes, dessinées sous nos yeux par les corps qui sont entraînés d'une vitesse inégale dans notre tourbillon solaire? L'esprit n'est pas un simple récepteur d'images et d'impressions; il les coordonne, les classe, les compare.

L'histoire de la physique nous montre bien nettement que la méthode expérimentale n'est que l'instrument de la pensée. Les procédés qu'emploie la chimie le prouvent également : la terre sans doute n'est qu'un vaste laboratoire, mais la complication excessive des phénomènes qui s'y produisent ne nous permettrait pas aisément d'y découvrir d'une façon directe les lois qui règlent les affinités matérielles. Il faut que le chimiste aille au rebours de la nature : tandis que celle-ci unit

les corps, il les décompose et ne s'arrête qu'à ce qui est simple. L'alchimie, sous l'empire de préoccupations bizarres, suivait déjà cette tendance rationnelle, bien que sans règle et sans méthode : elle s'obstinait à la recherche d'un élément primitif, universel ; mieux instruite, la chimie ne cherche que des éléments spécifiques : pour les découvrir, elle se livre à une œuvre de destruction et d'analyse, dont la nature lui indique peu d'exemples. Fourneaux, cornues, tubes et flacons de verre, creusets, dissolvants, acides corrosifs, voilà le microcosme du chimiste : ce tableau, que l'école hollandaise a souvent reproduit avec des formes et des couleurs si variées, est pour lui tout l'univers.

Il y a cependant, il faut le reconnaître, des sciences expérimentales qui ne peuvent ni créer, ni choisir leur objet ; le monde lui-même est leur théâtre, et leur méthode devient forcément descriptive : ce sont toutes les sciences qui embrassent des phénomènes trop compliqués ou trop dépendants du temps et de l'espace, pour que l'homme puisse en réaliser une image même amoindrie ; celles encore qui analysent des forces inconnues, qu'il n'est pas en notre pouvoir de réduire à l'obéissance. Partout où ces agents interviennent, nous ne sommes plus que simples spectateurs, et que de mystères bornent aussitôt notre vue ! Habitants éphémères d'une infime planète, nous sommes avides d'en connaître l'histoire, nous voulons connaître les êtres or-

ganisés qui s'y sont succédé d'un âge à l'autre ; notre pensée voudrait même embrasser l'histoire du système solaire qui nous emporte, et notre imagination cherche dans les phénomènes du présent les secrets du passé et de l'avenir. Dans ces sciences purement descriptives, géologie, botanique, zoologie, paléontologie, minéralogie, la méthode se concentre dans les classifications ; mais, si l'on y réfléchit, on s'aperçoit que les classifications, bien qu'empruntant toute leur valeur à la reproduction fidèle et complète d'une réalité extérieure, sont cependant des œuvres de raison, des constructions idéales : elles recherchent à travers la confusion des faits des harmonies générales, un ordre suprême, un plan ; et leur perfection est d'autant plus grande que ce plan reproduit plus fidèlement celui de la création. Classifier, ce n'est pas seulement cataloguer des phénomènes pour la commodité de la mémoire, c'est aussi en chercher les affinités les plus profondes, les liaisons les plus intimes, les caractères communs : trouver l'espèce dans les individus, le genre dans les espèces, la famille dans les genres, et ainsi de suite, c'est remonter par degrés successifs du transitoire au permanent, du détaillé au général, des formes variables à l'idée qui s'est exprimée dans la multitude des objets.

Partout donc où je tourne mes regards dans le domaine de la science, je trouve matière à la spéculation

philosophique : l'observation n'est qu'un verre à travers lequel je cherche à contempler des idées. Il faut plaindre celui qui ne s'élève jamais au-dessus des faits particuliers, pour plonger dans cette atmosphère sereine et raréfiée où les formes disparaissent et où les vérités, devenues abstraites, se découvrent les unes derrière les autres, comme les ondulations des montagnes se perdent dans des horizons de plus en plus lointains et plus azurés. Observer n'est pas assez ; il faut apprendre à penser. Comment avez-vous découvert la gravitation ? demandait-on à Newton. — « En y songeant. » Plus d'un, avant Galilée, avait suivi sous la voûte élevée d'une église les lents balancements d'une lampe suspendue : la regardant avec les yeux non du corps, mais de l'esprit, Galilée y vit le pendule mathématique.

Il faut me résumer. Sciences dites d'observation, mathématiques, philosophie, varient d'objet, non vraiment de méthode : et qu'est-ce que cette méthode ? La contemplation de l'objet lui-même, en ce qu'il a d'idéal. Toute science examine par quelque côté l'absolu, le substratum éternel et inconnu du monde phénoménal ; tout effort de la pensée a pour objet de satisfaire la soif insatiable de l'âme, qui veut connaître le fond même des choses, retourner à la source de toute existence et s'y replonger. La forme, le nombre, l'espace, le temps, le mouvement, la variation, la vie, sont des modes de l'absolu, et chacun de ces modes donnant son empreinte

au monde, se reflète dans une science particulière; mais la science la plus haute serait celle qui les comprendrait tous. En envisageant à ce point de vue l'objet de nos connaissances, il n'est pas permis d'y tracer d'inflexibles limites : tout s'y tient et s'y mélange; les sciences spéculatives peuvent être nommées sciences d'observation, parce qu'elles sont fondées sur l'observation d'un objet idéal; et les sciences expérimentales sont des sciences spéculatives, parce qu'elles élèvent des constructions idéales sur la charpente des faits et des observations.





**DE L'ESPRIT**  
**DE LA**  
**PHYSIQUE MODERNE.**



# DE L'ESPRIT

DE LA

## PHYSIQUE MODERNE.



---

Il y a dix-neuf ans, en 1843, à Londres, un savant physicien, M. Grove, entreprit de montrer, dans des leçons publiques, comment avec la lumière seule on peut faire naître toutes les forces physiques. Voici en quelques mots la description de l'expérience sur laquelle il appuya sa démonstration : « Une plaque daguerrienne sensible est placée dans une caisse en bois remplie d'eau, fermée d'un côté par une plaque en verre recouverte d'un écran. Entre le verre et la plaque est un treillis en fil d'argent; la plaque est en communication avec une des extrémités d'un galvanomètre, et le treillis en fil avec le bout d'une hélice de Bréguet, — élégant instrument, formé par un ruban composé de deux métaux, dont l'inégale expansion indique les moindres changements de température. — Les autres extrémités du galvanomètre et de l'hélice sont unies par un fil, et les aiguilles amenées à zéro. Aussitôt qu'en soulevant l'écran on laisse arriver sur la plaque la lumière du jour ou une lumière artificielle, les aiguilles sont défléchies. La lumière étant une force initiale, on obtient : — une *action chimique* sur la plaque, — de l'*électricité* qui circule dans les fils, — du *magnétisme* dans le galvanomètre, — de la *chaleur* dans l'hélice, — du *mouvement* dans les aiguilles. »

Cette expérience ingénieuse montre d'une façon saisissante l'intime connexité des effets divers dont la physique entreprend de découvrir les lois. C'est à l'étude de ces mystérieux rapports qu'elle s'attache surtout aujourd'hui : après avoir longtemps envisagé les phénomènes dans ce qu'ils ont de particulier, elle cherche à les rattacher entre eux par des caractères généraux. Avant d'exposer les résultats nouveaux auxquels elle est arrivée déjà et les conséquences métaphysiques qui en ressortent, il importe toutefois de faire connaître par quels efforts successifs elle s'est élevée aux conceptions générales qui lui servent aujourd'hui de fondement. Aucune science n'a eu à lutter contre des difficultés plus grandes ; aucune, en revanche, n'apporte à l'esprit d'aussi fécondes notions et ne le fait pénétrer aussi avant dans les mystères du monde matériel.

La physique étudie les propriétés les plus générales des corps, mais elle s'expose à de singulières difficultés en appliquant la méthode empirique à rechercher les lois de ces mystérieux agents, insaisissables dans leur substance, qui communiquent à la nature la lumière, la chaleur, le magnétisme, l'électricité. Quelques-unes des propriétés que nous appelons physiques nous seraient absolument inconnues, si un hasard heureux ne les eût révélées : la science entière de l'électricité doit naissance à la découverte fortuite, et déjà bien ancienne, de l'attraction que l'ambre frotté exerce sur les corps légers. A une époque bien plus récente, Volta trouva le germe du galvanisme dans les contractions d'une grenouille morte et mise en contact avec un métal. Parmi les propriétés physiques dont nous sommes aptes à recevoir l'impression directe, il en est peu pour lesquelles cette impression ne soit pas imparfaite et très-confuse. Ainsi les ingénieuses recherches du physicien italien Melloni ont démontré que les rayons de chaleur sont, comme les rayons lumineux, d'espèce variée : ce sont là des dif-

férences admises par notre raison, mais que l'imagination est totalement impuissante à concevoir. En ce qui concerne la chaleur, nous sommes à peu près comme un homme qui ne pourrait voir le monde qu'au moyen d'un verre où s'éteindraient toutes les couleurs : presque tout le charme de la nature serait perdu pour lui.

La première nécessité de la physique est donc de créer en quelque sorte des sens auxiliaires pour obtenir une perception indirecte des agents naturels, dont nos sens propres nous laissent ignorer ou nous révèlent imparfaitement l'existence. La découverte de pareils instruments nous met en possession, à elle seule, d'une science tout entière, en nous permettant de contempler la nature sous une face encore inaperçue; mais cette découverte même semble impossible sans une sorte d'intuition préalable des phénomènes à l'étude desquels les instruments doivent être employés. On peut dire qu'il n'existe aucune science à laquelle s'applique avec autant de force qu'à la physique le sophisme connu des écoles scolastiques : « Pour forger le fer, il faut un marteau; mais pour avoir un marteau, il faut que le fer ait été forgé. » Il est certain que, sans un guide, la méthode empirique s'égaré : la plupart des grandes découvertes qui ont servi à constituer la physique moderne ont été dues en effet aux suggestions d'une théorie, d'une conception préconçue. De nos jours, les admirables travaux d'Ampère et de Fresnel ont montré avec quel succès l'esprit philosophique et l'analyse mathématique peuvent diriger la méthode expérimentale, qui, entre des mains vulgaires, n'est plus qu'un instrument sans valeur. Si toutes les sciences sont fondées sur cette méthode, il faut pourtant remarquer qu'elles ne la pratiquent pas toutes de la même manière : l'astronome et le naturaliste n'ont qu'à tenir les yeux ouverts sur le monde : ils décrivent, mesurent, comparent des phénomènes, mais ils ne les produisent pas

eux-mêmes. La physique est dans une condition différente : la contemplation pure et simple de la nature ne peut lui suffire ; elle ne peut aborder l'explication des phénomènes qu'après les avoir restreints, dans ses appareils, aux proportions modestes qui lui conviennent ; elle les rend susceptibles d'une mesure rigoureuse, les dégage de tout ce qui les complique. Il faut qu'elle sache réduire à l'obéissance les forces naturelles. Ce qui dans le ciel est l'éclair devient dans le cabinet du physicien une mince étincelle ; un petit prisme de verre reproduit l'arc-en-ciel ; la gravitation, qui perpétue l'équilibre des grands corps célestes, fait mouvoir les délicates balances de l'observateur et osciller les pendules avec lesquels il mesure le temps.

Génée dans le choix des méthodes et des instruments, la physique l'est encore par son objet même, auquel l'unité fait essentiellement défaut. Elle est en réalité divisée en autant de branches séparées qu'on a découvert d'attributs divers dans la matière. Ce faisceau de sciences isolées est demeuré sans lien, tant que l'on a supposé une existence indépendante et propre aux principes des phénomènes physiques que nous nommons encore souvent improprement les fluides électrique, lumineux, magnétique. Pendant longtemps on expliqua tous les changements qui s'opèrent dans les corps en attribuant à ces agents la faculté de se combiner avec eux ou de s'en séparer. Les corps chauds étaient censés émettre une substance que l'on nommait le calorique, les corps lumineux la lumière. Ces conceptions, par leur simplicité même, devaient se présenter les premières à l'esprit humain : elles ont présidé au progrès des sciences physiques tant qu'on n'a étudié les phénomènes qu'en eux-mêmes, sans rechercher les rapports mutuels qui les unissent. La notion de ces agents physiques remonte jusqu'aux écoles de Démocrite et de Leucippe. Ces philosophes célèbres se faisaient de la matérialité une idée assez peu différente de

celle que partagent encore aujourd'hui ceux qui parlent de fluide lumineux ou électrique : ils croyaient à des entités indépendantes de la substance matérielle proprement dite, qui, en s'y ajoutant, lui communiquent les propriétés que les sens y découvrent. L'école scolastique les conserva sous le nom de *formes*; elle professait de même qu'il est impossible de les isoler, de les séparer de la matière, mais qu'on peut du moins les transférer d'un corps à l'autre : cette doctrine donne une valeur philosophique aux travaux de l'alchimie, que nous regardons aujourd'hui comme fort bizarres, bien qu'ils aient occupé tant de nobles et puissants esprits. Bacon lui-même adoptait encore les *formes* de la science scolastique; pourtant on rencontre, en plusieurs points du *Novum Organum*, une expression vague et anticipée de la doctrine qui, de nos jours, a été substituée à celle des anciennes écoles.

Au lieu d'attribuer les phénomènes de la chaleur, de l'électricité, de la lumière, à des agents séparés, nous les expliquons aujourd'hui par les mouvements variés d'une substance unique : l'éther, c'est le nom qu'on lui donne, forme l'atmosphère commune de toutes les particules matérielles; il sépare les atomes dans les corps, les astres dans l'espace infini. En ondulant ou vibrant d'une certaine façon, il nous communique l'impression de la lumière; d'une autre manière, celle de la chaleur : toutes les théories physiques, dans cette hypothèse, deviennent de pures théories dynamiques. Il faut une longue réflexion pour comprendre la profondeur, la simplicité hardie d'une conception qui fait apparaître le mouvement comme l'âme même de la matière; la science est débarrassée des formes, des qualités propres, des fluides : il ne s'agit plus que de simples vitesses, que nous pouvons arriver à mesurer.

C'est aux découvertes de l'optique qu'est due principalement cette grande révolution scientifique. Dès qu'on eut reconnu que,

dans certains cas, deux rayons lumineux s'éteignent en s'ajoutant l'un à l'autre, il ne fut pas permis plus longtemps de regarder la lumière comme une substance propre émise par les corps. Le phénomène que nous venons de citer, et qu'on connaît dans la science sous le nom d'*interférence*, trouva une explication très-simple dans la théorie de l'éther : comme deux forces égales appliquées dans des sens contraires à un même objet le maintiennent dans l'immobilité, ainsi conçoit-on qu'une molécule éthérée puisse être sollicitée par un double mouvement ondulatoire, dont les effets se contrarient et s'annulent. Une fois en possession de cette théorie nouvelle des phénomènes lumineux, l'analyse mathématique en détruisit une foule de conséquences très-remarquables, et jusqu'à présent l'observation est toujours venue les confirmer. Un certain nombre de ces déductions ont un caractère étrange et tout à fait inattendu : on peut affirmer hardiment que l'expérience seule n'eût jamais pu les faire découvrir. Comment, par exemple, aurait-on deviné qu'en pénétrant sous un angle particulier dans des cristaux, un rayon lumineux peut en ressortir, non plus rectiligne, mais épanoui sous la forme d'un cône lumineux, composé d'une infinité de rayons? C'est pourtant ce qu'en Angleterre Hamilton avait déduit de l'analyse, ce que Lloyd eut le mérite de vérifier à l'aide d'un appareil optique de son invention. Ainsi l'observation et la théorie se corroborent mutuellement. Combien d'autres exemples ne pourrait-on pas citer pour montrer les bénéfices de cette alliance féconde! Je n'en rappellerai qu'un encore : l'ancienne théorie de l'émission exigeait que la lumière eût une vitesse de propagation plus considérable dans l'eau que dans l'air; la théorie nouvelle arrive à une conclusion tout opposée. Arago eut l'idée de les mettre à l'épreuve, en comparant directement ces vitesses : sous sa direction, un ingénieux physicien, M. Foucault, parvint à réaliser cette expérience

décisive, dont les résultats donnèrent aux idées nouvelles une éclatante sanction.

En même temps que la théorie des ondulations se fortifiait par de nombreuses découvertes, il s'opérait entre les diverses parties de la physique un travail de rapprochement et de comparaison qui est, à vrai dire, le caractère distinctif du mouvement scientifique moderne : à mesure qu'on pénétra plus avant dans l'étude de la lumière, de la chaleur, de l'électricité, du magnétisme, on découvrit entre ces divers phénomènes des liens de plus en plus intimes. Ampère, dont on ne saurait se lasser de louer l'admirable pénétration, obtint, avec de simples fils de cuivre, convenablement enroulés et traversés par un mouvement voltaïque, tous les phénomènes d'attraction et de répulsion qu'on observe avec les aimants ordinaires. De son côté, le physicien danois Oersted découvrit l'action directrice des courants électriques sur une aiguille aimantée. L'électricité et le magnétisme se trouvèrent ainsi rattachés : l'électricité et le calorique le furent également, quand Seebach, en Allemagne, eut fait voir qu'avec la chaleur seule et sans le secours d'aucune action chimique, on peut donner naissance à des courants. Enfin les beaux travaux de Melloni révélèrent, entre les lois de la propagation de la lumière et celles qui règlent le mouvement de la chaleur, une identité surprenante, depuis longtemps soupçonnée, mais dont personne avant lui n'avait donné des preuves aussi frappantes.

Tous ces phénomènes physiques sont unis par tant de caractères communs, que des esprits superficiels, entraînés par l'envie de généraliser, les confondent quelquefois absolument. C'est là qu'est l'écueil de la physique nouvelle. Il est bien séduisant, surtout quand on veut passer pour profond, d'annoncer que chaleur, lumière, électricité, magnétisme, ne sont qu'une seule et même chose. Ceux qui ne se contentent point d'ambitieux aphorismes

verront au contraire, avec un peu de réflexion, que les découvertes récentes, en même temps qu'elles révèlent tout ce qui unit les phénomènes physiques, ont aussi fait éclater tout ce qu'ils ont d'individuel. Melloni, par exemple, n'a-t-il pas prouvé que la transparence, faculté que possèdent les corps de laisser passer plus ou moins bien les rayons lumineux, n'a rien de commun avec la facilité de pénétration qu'ils offrent aux rayons de chaleur? L'alun, très-transparent pour la lumière, est fort peu transparent, qu'on me passe le mot, pour la chaleur; le sel gemme au contraire n'arrête jamais la chaleur, même quand on le noircit de façon à le rendre entièrement opaque.

Les forces naturelles ne sont donc pas identiques, elles sont seulement solidaires. La *corrélation des forces physiques*, expression empruntée au physicien anglais Grove, est l'ensemble des rapports qui unissent mutuellement ces forces et président aux transformations réciproques qu'elles subissent. Avec des courants électriques, on peut aimanter les corps; l'aimantation, à son tour, fait naître des courants : nous dirons donc que le magnétisme et l'électricité sont des forces corrélatives.

Le principe de la solidarité des forces physiques avait déjà été exprimé en termes très-formels par OErsted. Le célèbre auteur de *l'Esprit dans la nature* était disposé, par ses spéculations métaphysiques, à regarder toutes les modifications de la matière comme de simples transformations du mouvement. « Les recherches les plus récentes, écrivait-il vers la fin de sa vie, ont rendu très-probable cette opinion, que la lumière est produite par les vibrations d'une matière subtile partout répandue, que l'on nomme éther; mais si la lumière consiste en de telles vibrations, la chaleur rayonnante doit se trouver dans le même cas. En effet, il y a déjà longtemps que nous avons des raisons suffisantes de regarder la chaleur comme une radiation, qui ne se distingue de la lumière

que par la lenteur plus grande des vibrations. La facilité avec laquelle nous convertissons l'électricité en chaleur, quand nous opposons une résistance à un courant, donne à penser que l'électricité ne dépend pas moins d'un état vibratoire, et qu'il suffit de condenser ces vibrations pour constituer les vibrations de la chaleur. Cette opinion d'ailleurs est fortement confirmée par le fait que la chaleur se convertit dans les bons conducteurs en électricité, ainsi que nous le voyons dans les expériences thermo-électriques. Les actions magnétiques sont inséparables des actions électriques, et ne différant, comme elles font, qu'en direction, les unes agissant perpendiculairement aux autres, il serait bien étrange qu'elles dussent être rapportées à des substances matérielles différentes. Quiconque enfin connaît les recherches électro-chimiques de notre siècle verra aisément combien elles ont modifié nos idées sur les actions chimiques, et par conséquent sur les combinaisons et la formation des corps que l'expérience journalière nous fait rencontrer. »

Le savant ouvrage de M. Grove sur *la Corrélation des forces* peut servir de commentaire à ces remarquables lignes; on y trouve rapportées toutes les observations et les expériences qui démontrent la corrélation des forces naturelles, ainsi que les tentatives qui ont été faites pour la soumettre à une mesure rigoureuse. La science n'a pas seulement besoin de savoir que la chaleur est capable de produire de l'électricité, il faut qu'elle sache exactement combien d'électricité elle peut engendrer avec une quantité donnée de chaleur; après avoir déterminé des unités précises pour la mesure des forces naturelles, il faut qu'elle les compare et détermine la loi d'équivalence qui les unit deux à deux.

La physique, il faut le dire, n'est qu'à peine engagée dans la voie de ces difficiles recherches; beaucoup d'esprits hésitent même à s'y aventurer par un reste de méfiance envers les principes qui servent de base à la doctrine nouvelle. Quant à ceux qui n'hési-

tent pas à considérer tous les phénomènes physiques comme dus à des mouvements de la matière, ils n'ont plus qu'à leur appliquer les lois ordinaires de la dynamique. Une impulsion, une fois donnée, ne peut être anéantie; se propageant sans fin, sans être renforcée ni affaiblie, elle se révèle à nous sous la forme tantôt de lumière, tantôt d'électricité, tantôt en imprimant aux corps un mouvement de translation visible : c'est pendant cette dernière phase qu'elle devient le mieux accessible à nos mesures. Cette transformation finale, obtenue pour toutes les forces physiques, permet d'établir avec rigueur la relation d'équivalence qui les rapproche.

Il n'est point d'agent physique que nous ne puissions contraindre à mettre une masse en mouvement, à soulever un poids, à vaincre un effort mesurable; mais la chaleur nous fournit les moyens les plus commodes pour comparer les forces qui entretiennent les vibrations invisibles des molécules à celles qui impriment un mouvement général à la masse des corps eux-mêmes. Des travaux tout récents nous ont fourni sur ce point des données d'une telle importance, qu'on nous permettra de les exposer avec quelques détails.

Dans ses *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, Carnot a pour la première fois examiné comment le mouvement de la chaleur dans les corps peut servir à produire un effort ou travail dynamique. Il appliqua son esprit vigoureux à résoudre ce problème délicat, aussi important par ses applications que par sa portée théorique. Le célèbre géomètre ne crut pas nécessaire d'abandonner les notions anciennes, relatives à la nature du calorique : il le considérait comme une véritable substance, et attribuait les effets dynamiques dont cette substance est capable au simple fait de son passage d'un corps à l'autre. Dans de pareilles idées, quand une masse gazeuse est employée à soulever un poids,

il faut admettre que le calorique qui y était condensé avant l'effet s'en trouve en quelque sorte exprimé graduellement à mesure qu'il se produit; aucune portion de la chaleur n'est anéantie, elle ne fait que se déplacer. Aujourd'hui nos idées sont entièrement modifiées sur ce point : nous croyons, je puis même dire nous savons que, pendant l'accomplissement d'un tel travail, une certaine somme de chaleur disparaît; on ne peut la retrouver ni dans le gaz ni dans le corps qu'il a soulevé. Cette quantité de calorique disparue est d'autant plus considérable, que l'effort nécessaire pour vaincre la résistance a été plus grand. En regardant, comme le faisait encore Carnot, le calorique comme une substance, on ne pouvait, sans révolter la raison, admettre qu'il fût possible d'en détruire ou d'en créer; mais, si l'on considère au contraire la chaleur comme résultant d'un mouvement particulier de la substance matérielle, on conçoit très-facilement qu'en se propageant, ce mouvement se transforme. Les forces qui maintiennent dans leur position respective les molécules d'un gaz échauffé peuvent bien, par exemple, être employées à soulever des poids; ce qu'elles perdent en produisant un travail extérieur et visible deviendra sensible au sein du gaz lui-même par une diminution correspondante de température. D'après ces principes, la chaleur peut se convertir en travail mécanique; à son tour, celui-ci peut servir à reproduire du calorique. Le nombre qui représente et formule cette loi d'équivalence a pris le nom d'*équivalent mécanique de la chaleur*. La découverte de cette relation établit un lien profond entre les mouvements visibles de la matière et ces mouvements invisibles que le raisonnement nous oblige à admettre, mais qui ne se révèlent à nous que sous la forme de pures impressions physiques. En appliquant les idées nouvelles à l'étude de la nature, on arrivera sans doute à y saisir des lois qui nous sont encore inconnues, et l'on pourrait pres-

que dire, sans trop se hasarder, que les mots seuls d'*équivalent mécanique de la chaleur* sont gros de découvertes.

Le premier physicien qui ait cherché à constater expérimentalement la loi d'équivalence de la chaleur et du travail dynamique est M. le professeur Joule, d'Édimbourg : voici quel procédé il mit en usage. Il mesura l'effort nécessaire pour produire un certain frottement; celui-ci était employé à engendrer une certaine quantité de chaleur, qui, de son côté, était directement mesurée. M. Joule varia cette expérience de plusieurs manières en employant des substances diverses; il déduisit de ses diverses observations un nombre à peu près constant, qu'il adopta pour représenter l'équivalent mécanique de la chaleur. Cette concordance ne laisse pas d'être très-remarquable dans un genre de recherches aussi délicat, où les mesures ont besoin d'être soustraites à l'influence d'une foule de causes d'erreur.

Bien que les expériences de M. Joule eussent été conduites avec beaucoup de soin, les résultats qu'elles firent connaître avaient une telle portée, qu'on crut nécessaire de les soumettre à de nombreuses vérifications. Plusieurs physiciens se sont chargés de ce soin; nous nommerons MM. Favre et Person en France, le docteur Quintus-Icilius à Hanovre. Les chiffres qu'ils ont trouvés ne diffèrent pas assez de ceux de M. Joule pour qu'il ne soit point permis de mettre les différences au compte des erreurs et des difficultés inséparables d'un tel sujet d'expériences. Parmi les méthodes employées pour déterminer l'importante donnée dont la physique s'occupe en ce moment, il convient d'en citer une qui a été fournie par l'électricité voltaïque, parce qu'elle fait ressortir d'une admirable manière le principe fécond de la corrélation des forces physiques. Quand un circuit électrique est parcouru par un courant, il se développe en ses diverses parties une certaine somme de chaleur, en rapport, ainsi que le physicien gene-

vois M. de la Rive l'a démontré, avec la quantité d'action chimique mise en jeu par la production du courant : qu'on oblige celui-ci à accomplir, en un point particulier du circuit, un travail dynamique, ce qui peut se faire d'une infinité de manières, aussitôt la quantité de chaleur répandue dans le courant s'abaissera d'une quantité exactement proportionnelle à l'effort extérieur qui aura été vaincu.

Si j'insiste sur la détermination de cette donnée physique, c'est qu'on n'a pu encore en apprécier nettement la valeur. Les mesures qui l'ont fait connaître ne comportent qu'une exactitude insuffisante. Et d'ailleurs, dans la plupart des expériences, on n'est point certain que toute la force mécanique mise en jeu soit entièrement convertie en chaleur et ne soit pas partiellement dépensée en effets moléculaires dont l'influence se dérobe à l'observation. La recherche de l'équivalent mécanique de la chaleur se recommande d'ailleurs, non-seulement par sa portée théorique, mais encore par l'importance des applications pratiques. L'homme est constamment occupé à convertir de la chaleur en travail. L'énergie musculaire des animaux, les chutes d'eau, le vent, forces que la nature nous prête bénévolement, sont devenues insuffisantes dans nos sociétés modernes. A mesure que les nations s'élèvent sur l'échelle de la civilisation, elles ont besoin d'instruments plus puissants pour assujettir la matière à des besoins qui se multiplient. La chaleur nous fournit, depuis l'invention des machines à vapeur, une force artificielle que chaque jour voit employer à de nouveaux usages : nos locomotives entraînent des poids gigantesques avec une prestigieuse vitesse; les bateaux à vapeur franchissent les mers avec des poids de plus en plus considérables; des machines scienc le bois, travaillent les métaux, tissent les étoffes, élèvent les eaux, et bientôt peut-être accompliront une grande partie du travail agricole, comme elles accom-

plissent déjà presque tout le travail industriel. On s'étonne en songeant quelle quantité de puissance incalculable nous avons mise à notre service en apprenant à transformer la chaleur des combustibles en travail dynamique, mais on ne peut en même temps se dissimuler que nous dissipons imprudemment une richesse qui n'est pourtant pas sans limites : on dépeuple les forêts, on ne veut pas songer au jour où les réservoirs souterrains de combustible amassés dans les bassins houillers seront épuisés. Les rares esprits qui consentent à s'en préoccuper se bercent volontiers de l'espérance que, le charbon faisant défaut, l'électricité et la chimie nous fourniront quelque chose pour y suppléer. La science se préoccupe à bon droit de chercher des remèdes à l'imprévoyance du présent ; l'un des plus simples consisterait, sans aucun doute, à convertir avec toute l'économie possible la chaleur en force motrice. Quand ce problème ne serait pas recommandé à la science par les besoins des sociétés, elle devrait néanmoins chercher à le résoudre : notre esprit n'est satisfait que lorsque nous sommes arrivés à produire un certain résultat par les moyens les plus simples ; nous nous sentons alors en harmonie avec la nature, qui proportionne d'une manière admirable les causes et les effets.

Carnot a le premier résolu théoriquement le problème de la conversion de la chaleur en force motrice. Les résultats auxquels le raisonnement l'a conduit sont, chose remarquable, indépendants de l'hypothèse erronée qu'il avait soutenue relativement à la nature même du calorique, ils ont été adoptés par les partisans des théories nouvelles. M. Clapeyron en France, le professeur Thompson de Glasgow, M. Clausius en Allemagne, ont successivement abordé, après Carnot, le problème fondamental de la corrélation du travail dynamique et de la chaleur. Grâce à toutes ces recherches, nous savons aujourd'hui quelles conditions

doit remplir une machine pour convertir en travail extérieur la totalité de la chaleur qu'on lui donnerait à dépenser. Une semblable machine, il est facile de le prévoir, est idéale et irréalisable; c'est un type dont il faut tenter incessamment de nous rapprocher, et qu'il nous est impossible d'atteindre. Nous ne pourrions jamais utiliser qu'une fraction de la chaleur que nous empruntons aux combustibles; pourtant cette fraction, aujourd'hui si minime, pourrait facilement être augmentée. Les machines à vapeur actuelles, si admirables au point de vue du mécanisme, sont des appareils barbares au point de vue de l'emploi utile de la chaleur. On se rapprocherait beaucoup de la machine idéale dont nous venons de parler, si, au lieu d'appliquer la chaleur à vaporiser de l'eau, on l'employait à échauffer de l'air. L'air chaud et comprimé travaillerait avec beaucoup plus d'économie que la vapeur. On a déjà fait beaucoup d'essais dans ce genre. Dès 1840, Robert Stirling prit en Angleterre un brevet pour une machine à air chaud qui fonctionna pendant plusieurs années avec succès à l'usine à fer de Dundee. Récemment encore, on s'est beaucoup préoccupé en Amérique de la machine Ericsson, établie sur des principes à peu près semblables. En France, M. Seguin a fait et prépare encore des essais dans cette voie nouvelle. Les difficultés devant lesquelles on se trouve arrêté seront un jour vaincues : il a fallu bien du temps et des efforts pour transformer les premières machines à vapeur, informes et d'une si faible puissance, en celles que nous possédons. Un grand avenir est réservé aux machines à air chaud, mais elles attendent encore leur Watt et leur Stephenson.

Il suffit d'indiquer de semblables questions pour faire comprendre l'importance des travaux qui doivent en fournir la solution. Pour être en état de servir avec efficacité les intérêts qui la sollicitent, la science est avant tout obligée de se constituer elle-

même et d'approfondir les problèmes variés que lui pose la nature. Si peu avancée que soit encore la nouvelle théorie de la chaleur, elle rend pourtant déjà compte d'une manière satisfaisante de phénomènes importants qui, dans l'ancienne doctrine, demeuraient très-obscurs. Le changement d'état des corps, c'est-à-dire le passage de l'état solide à l'état liquide et à l'état gazeux, la chaleur latente, les lois du rayonnement, sont autant de sujets, bien familiers aux physiciens, auxquels on peut appliquer avec beaucoup de succès les principes nouveaux. Ils nous permettent de pénétrer plus profondément qu'on ne l'avait jamais fait dans le secret des modifications que subit la matière sous l'influence de la chaleur. Représentons-nous en effet le calorique comme un mouvement de l'éther interposé entre les parties les plus intimes des corps : échauffer une substance, ce sera lui communiquer une certaine quantité de mouvement; une partie sera employée à ébranler les molécules matérielles elles-mêmes, le reste à agiter l'éther qui les sépare. La première de ces deux portions cessera d'être *sensible* comme chaleur, puisqu'elle est consommée comme travail dynamique, et sert à modifier la densité ou l'état physique du corps. La seconde seulement représente la chaleur qui lui est communiquée.

Que l'on ne considère point ces distinctions comme d'oiseuses subtilités; nous allons en tirer sur-le-champ une conséquence remarquable. Quand on chauffe des substances diverses, la quantité de mouvement dont s'emparent les molécules n'est pas la même pour tous; celle qui demeure apparente sous forme de chaleur varie aussi de l'un à l'autre, ce qu'on exprime en disant que les corps ont des chaleurs spécifiques inégales. On comprendra aisément que plus il y a de calorique employé à déplacer les molécules pesantes, moins il doit en rester de sensible. Ainsi plus les atomes sont lourds ou difficiles à ébranler, plus la chaleur spécifique de-

vra être considérable. Le rapport qui relie la chaleur spécifique au poids atomique avait déjà été aperçu par Dulong, qui a si puissamment contribué, par ses belles expériences, à la découverte des principales données relatives à la chaleur; les recherches de M. Regnault et celles de M. Woestin ont fait voir depuis que ce rapport est lié intimement au mode d'agrégation même des molécules.

Tous les travaux de la physique moderne tendent d'ailleurs à faire ressortir, avec une évidence de plus en plus irrésistible, l'influence que la constitution moléculaire des corps exerce sur les phénomènes physiques. Les cristaux, dont la structure intime est révélée par leurs formes géométriques régulières, nous offrent de précieux avantages pour l'étude de ces curieuses relations. Les expériences de M. de Senarmont en France et de M. Knoblauch en Allemagne ont fait voir que la chaleur ne se meut pas avec la même vitesse dans toutes les directions à l'intérieur des corps cristallisés: elle s'y propage suivant des lois où ressort de la manière la plus frappante l'influence des forces qui ont présidé au groupement même des molécules. On sait depuis longtemps qu'il en est de même pour la lumière; Huyghens avait déjà tracé pour certains cas, avec une parfaite exactitude, la marche des rayons lumineux à l'intérieur des cristaux qui doublent l'image des objets, et que, pour ce motif, on nomme biréfringents. C'est à Fresnel cependant qu'on doit les études les plus admirables sur ce beau sujet, qu'il a, on peut le dire, entièrement épuisé. Un autre ordre de phénomènes, qu'on connaît en physique sous le nom de polarisation, a fourni à l'illustre Biot un moyen de faire ressortir des rapports saisissants entre les lois de la propagation de la lumière et les plus légères singularités de la texture cristalline dans les corps qu'elle traverse. Chose plus étonnante, il n'est même point nécessaire que les corps soient à l'état solide; ils présentent déjà,

liquides, les propriétés dont ils doivent jouir une fois cristallisés : c'est ce qu'a récemment découvert un de nos plus habiles chimistes, M. Pasteur, et après il lui faut nommer aussi M. Marbach de Breslau. Les expériences de M. Pasteur montrent que, malgré la liberté de leurs mouvements, les molécules liquides possèdent déjà une partie des caractères que le passage à l'état solide et la cristallisation ne font qu'y fixer d'une manière définitive. Par leur extrême délicatesse, les expériences d'optique pouvaient seules se prêter à la découverte d'aussi étranges phénomènes, qui nous font pénétrer en quelque sorte sous le voile même dont la nature enveloppe ses opérations les plus cachées. Combien n'est-il pas singulier de voir, par exemple, deux morceaux de cristal de roche, absolument identiques quant à leur composition, faire pourtant dévier, l'un à droite, l'autre à gauche, les rayons lumineux polarisés, et de trouver la raison de ces propriétés contrastantes dans la position de certaines facettes remarquables, où se trahit une opposition dans le groupement moléculaire des deux cristaux ! La nature propre ou chimique des atomes n'a donc pas une influence absolue sur les phénomènes physiques : des atomes chimiquement identiques, mais agrégés différemment, agissent en réalité comme s'ils étaient dissemblables.

Nous pourrions montrer encore, par de nombreux exemples, comment la texture moléculaire se reflète dans les propriétés des corps : réciproquement, les phénomènes physiques ont pour effet de modifier d'une manière transitoire, ou même définitive, la disposition des particules matérielles. Quand on fait passer un courant électrique dans un fil de cuivre enroulé autour d'un barreau d'acier, celui-ci se transforme en aimant. Faraday a fait voir qu'en modifiant l'orientation des molécules, l'aimantation peut altérer la régularité de certains phénomènes lumineux et imprimer, par exemple, une rotation aux rayons polarisés. Wertheim,

Peltier, Dufour, ont montré comment le passage continu d'un courant change à la longue l'élasticité des métaux. On vient de découvrir tout récemment qu'à l'intérieur des câbles télégraphiques sous-marins, les fils de cuivre se déchirent en une infinité de petits tronçons, quand l'électricité qui les traverse est toujours de même signe. Le magnétisme et l'électricité modifient la facilité avec laquelle les métaux conduisent la chaleur. La chimie, par une foule d'exemples, nous montre comment les affinités des diverses substances obéissent aux conditions électriques où elles se trouvent placées. C'est ainsi qu'on explique pourquoi l'identité de composition n'implique pas toujours dans les corps l'identité des propriétés physiques et chimiques. On donne aux substances qui jouissent de cette singulière variabilité de caractères, jointe à l'unité de composition, le nom d'*isomères*.

Tout se tient dans l'ensemble complexe des caractères physiques et chimiques des corps. Des liens ou visibles ou cachés unissent toutes les parties de la nature vivante aussi bien qu'animée. Un grand nombre de ces rapports échappe à notre ignorance. Il en est d'autres que nous commençons à peine à soupçonner. L'action des phénomènes physiques sur le monde organique ne nous est-elle pas encore à peu près inconnue? Quelques faits isolés peuvent bien nous en faire soupçonner l'importance : — l'influence de la lumière sur la flexion des tiges des végétaux, sur la nutrition des plantes, sur la formation de la matière verte des feuilles, l'action des divers rayons colorés sur les métamorphoses des œufs de certains animaux, sur le développement des vers et la respiration des grenouilles. Ces faits suffisent pour inaugurer une belle série de recherches destinées à éclairer un jour les mystérieuses relations qui unissent le monde organique au monde inorganique.

Tels sont les principaux résultats du mouvement scientifique

que l'ouvrage de M. Grove nous a conduit à examiner. On en saisira plus nettement la portée, si nous terminons cet exposé par un aperçu des éléments que peuvent offrir les recherches nouvelles, appliquées à la nature de la matière en général, et par conséquent à la métaphysique. Tous les phénomènes physiques sont, avons-nous vu, reliés dans leur infinie diversité par un caractère commun. Ils doivent tous être attribués à un état particulier de mouvement dans les molécules qui composent les corps. Les forces qui président à la production de ces mouvements, se propageant sans fin d'une extrémité à l'autre de l'univers, se transforment suivant les résistances qu'elles rencontrent, et nous deviennent sensibles sous forme de chaleur, de lumière, d'électricité, de pesanteur. Si nous envisageons idéalement une molécule corporelle, il est évident que nous pouvons dans notre pensée l'animer d'une infinité de mouvements différents, rotations, translations, ou rotations et translations combinées. Or nous savons qu'une pareille espèce de mouvements moléculaires se révèle à nos sens sous forme d'une certaine perception, et nous fait connaître une propriété particulière de la matière. En traduisant le langage scientifique en langage philosophique, on pourra donc dire que toutes les manifestations physiques doivent être attribuées aux mouvements divers d'une substance qu'on pourra, si l'on veut, supposer unique. L'impossibilité où nous sommes rationnellement d'assigner une limite au nombre de tels mouvements nous force d'admettre que les propriétés de la matière, prise dans son ensemble et le sens le plus absolu, doivent être en nombre infini. Si nous n'en percevons qu'une quantité restreinte, c'est parce que nous avons très-peu de sens, que ceux mêmes que nous possédons sont imparfaits, et nous laissent embrasser un champ d'observations très-limité.

Quelle est donc cette substance dont le mouvement éternel en-

trétient la chaleur et la lumière du monde, le jeu des affinités chimiques, le magnétisme, l'électricité? Faut-il, comme la plupart des physiciens, concevoir dans la matière une sorte de dualité, en supposant que chaque corps soit composé de molécules pesantes séparées, et qu'entre elles se meuve un fluide impondérable, l'éther, véhicule de tous les phénomènes physiques? Pourquoi cependant admettre qu'il y ait deux espèces corporelles, l'une prenant l'état solide, liquide, gazeux, soumise aux lois de l'attraction universelle, l'autre soustraite à ces lois, et pourtant capable de communiquer ses vibrations propres aux molécules ordinaires? Quand on voit les phénomènes optiques et calorifiques se plier avec une docilité si surprenante aux plus légères variations dans la texture des corps, ne vient-il pas assez naturellement à la pensée que les molécules elles-mêmes, sans l'intermédiaire supposé d'un éther, peuvent recevoir et communiquer les mouvements auxquels nous attribuons ces phénomènes?

Une objection, il est vrai, surgit aussitôt. Il faut expliquer comment la chaleur et la lumière, dont le soleil est le foyer, se propagent jusqu'à la terre et aux planètes. Comment le vide interplanétaire peut-il transmettre les mouvements qui ébranlent les molécules terrestres? A cela on peut répondre, avec M. Grove, que nous ne connaissons véritablement pas de vide absolu; celui de nos baromètres, à supposer qu'il ne contînt pas la moindre trace d'air, renferme pourtant, nous le savons aujourd'hui, un peu de vapeur mercurielle. Le vide céleste est sans doute rempli par une matière très-atténuée. Les anciens étaient habitués à considérer l'état solide ou liquide comme le caractère même de la matérialité; ils rangeaient, ainsi que leurs langues en portent la trace évidente, les substances gazeuses parmi les substances spirituelles. En démontrant par les premières expériences barométriques que l'air est pesant aussi bien que les corps solides,

Torricelli fit rentrer tout ce qui est à l'état gazeux dans la matière ordinaire; il faudra peut être que nous renoncions un jour nous-mêmes à voir dans l'état gazeux le dernier terme d'expansion de la matière. La substance qui enveloppe les comètes, et qu'elles entraînent dans leurs orbites, ne peut être comparée à rien de ce que nous connaissons; elle se laisse traverser sur des distances incommensurables, et sans paraître les affaiblir, par les rayons que nous envoient les étoiles d'une très-faible grandeur: une pareille matière, dégagée du noyau auquel elle reste attachée et sert d'aurole, cesserait évidemment de nous être perceptible. Les puissants télescopes modernes ont beau décomposer en étoiles séparées les nébuleuses qu'autrefois l'on croyait formées par une matière lumineuse diffuse: ils en découvrent incessamment d'autres qui demeurent irréductibles. Dans notre système planétaire même, la lumière zodiacale ne nous offre-t-elle pas une matière cosmique où l'on ne peut découvrir rien qui ressemble à des étoiles? Au delà en quelque sorte de l'état gazeux, on peut admettre qu'il y ait d'autres états de la matière: le vide interplanétaire serait le dernier terme d'une série de modifications dont quelques-unes seulement sont directement accessibles à nos sens. La notion du vide absolu, c'est-à-dire du non-être, répugne absolument à la raison, et l'on conçoit très-aisément que les anciens en aient eu horreur. Les expériences de Torricelli et de Pascal l'ont fait pour un temps ranger au nombre des préjugés, mais cette croyance antique se retrouve aussi forte qu'autrefois, depuis que nous savons que le vide barométrique n'est pas un vide immatériel. Il y a des idées que l'esprit reçoit sans démonstration, à la lueur de leur propre évidence: si, comme le disait Hegel, tout ce qui est rationnel est réel, il faut croire de même que ce qui est irrationnel ne peut exister. Quand les découvertes de la science semblent infirmer une conception primitive et spontanée de la raison, ce n'est point

la raison qui est en faute, mais la science, dont les découvertes sont ou incomplètes ou mal interprétées.

La façon dont nous sommes conduits à envisager la matière en ses transformations multiples devra peu à peu modifier nos idées fondamentales sur l'équilibre du monde et de ses diverses parties. L'astronome ne voit aujourd'hui dans les grands corps célestes que de simples masses : l'admirable formule de l'attraction universelle lui permet d'en calculer tous les mouvements, et il ne se préoccupe point de rechercher l'origine même de cette attraction ; les rares esprits qui ont osé aborder cette question se sont égarés dans des rêveries cosmogéniques sans vraisemblance, sinon sans poésie. Les récentes découvertes de la physique nous font aujourd'hui pressentir que les rapports entre les diverses parties de l'univers sont nécessairement très-multiples. Sans doute l'attraction universelle n'est que l'expression résumée d'une infinie variété d'effets : telle est l'admirable connexité des diverses forces naturelles, qu'une formule simple et unique en traduit la parfaite solidarité.

Nous savons que la chaleur peut servir à déplacer des corps pesants ; ne pouvons-nous, avec quelque vraisemblance, supposer que la chaleur du soleil contribue pour quelque chose à entretenir le mouvement des planètes qui roulent perpétuellement autour de lui ? La force vive nécessaire pour les faire mouvoir dans leurs orbites pendant un an n'est qu'une fraction bien faible de celle qui serait disponible, si toute la chaleur que rayonne le soleil pendant une année entière était convertie en travail dynamique. La lumière peut évidemment, aussi bien que la chaleur, se métamorphoser en force motrice. Ne savons-nous pas qu'elle est nécessaire à la production de certaines combinaisons chimiques, qui sont accompagnées de fortes explosions, capables d'être opposées à des résistances très-considérables ? Les nombreuses observations que les astronomes et les navigateurs de divers pays ont réunies de-

puis cinquante ans sur le magnétisme terrestre semblent prouver, suivant le colonel Sabine, que le soleil est un aimant, comme la terre elle-même, et sans doute comme les autres planètes. Toutes les forces qui prennent naissance dans le soleil ne sont pas uniquement dépensées dans les limites du système planétaire dont il est le centre ; les rayons de lumière et de chaleur qui ne rencontrent point les corps qui en font partie ne sont point perdus et contribuent encore dans leur mesure à perpétuer l'harmonie des cieux : ils vont rencontrer dans des parages éloignés d'autres soleils, d'autres planètes, et sur leur trajet entretiennent, dans ce que nous nommons improprement le vide, le mouvement qui ne peut y cesser, puisqu'il faut bien qu'il s'y maintienne une certaine température, si basse qu'elle soit, et que la nuit absolue ne saurait régner où peut arriver le rayon le plus affaibli d'une seule étoile. La nuit d'ailleurs la plus complète, la plus noire, ne prouverait pas encore l'anéantissement de tout mouvement. Dans le spectre solaire que nous obtenons avec le prisme, nous savons qu'en dehors des rayons colorés il y a des rayons obscurs qui jouissent de remarquables propriétés chimiques et calorifiques ; bien plus, d'obscurs ils peuvent devenir eux-mêmes lumineux, pourvu qu'on interpose sur leur trajet certaines substances particulières, le sulfate de quinine par exemple, ou une dissolution de la matière verte des végétaux. Ce qui constitue la lumière peut rester dans un corps sans être perceptible directement, s'y accumuler en quelque sorte et ne s'en séparer que très-lentement. M. Niepce de Saint-Victor expose à la lumière des gravures, les imprègne en quelque sorte de soleil, puis les met dans une complète obscurité au contact d'un papier photographique sensible, et obtient des épreuves par le flux lent et invisible de la lumière, qui s'était, suivant son expression, *emmagée dans la gravure*. Dans l'obscurité, il y a donc, sinon de la lumière, au moins quel-

que chose qui agit comme elle et peut facilement être rendu visible : il est aussi impossible de supposer un corps privé de cette espèce particulière de mouvement qu'une substance sans température. Le mouvement ne peut s'anéantir dans la matière : d'une extrémité à l'autre de l'infini, il se propage sans fin, se transformant sans rien perdre de son énergie et entretenant la solidarité de toutes les parties de l'univers. Toutes les modifications que nous découvrons dans les corps ne sont que des mouvements particuliers ; en un mot, imaginer la matière immobile, c'est vouloir en anéantir la notion même.

Cet aperçu du monde est bien différent de la conception géométrique des astronomes. Pour expliquer le mouvement des astres, ils supposent un état de repos initial absolu. Ils admettent ensuite que chaque corps ait reçu une impulsion particulière, et se soit mis en mouvement sous la double influence de cette impulsion première et de l'attraction que tous les autres exercent sur lui. Il faut pourtant rappeler que Newton ne voyait dans cette grande loi de l'attraction universelle, qu'il avait lui-même découverte, qu'une loi purement subjective, une formule dans laquelle se résument les phénomènes célestes. Quand nous disons que les corps s'attirent, nous devrions simplement comprendre que les choses se passent comme si les corps s'attiraient. La loi de l'attraction universelle n'est point la cause des mouvements planétaires, mais l'effet. Mettre au centre de chaque molécule matérielle un vrai pouvoir d'attraction ou de répulsion, comme on le fait si souvent, est une motion si étrange, qu'on ne pourrait comprendre comment elle est devenue familière à tant d'esprits, si l'on ne savait combien nous sommes naturellement enclins à donner à tous les objets quelque chose en commun avec nous-mêmes. Thalès supposait que l'ambre possède une âme, parce qu'il attire les corps légers quand on le frotte. Paracelse attribuait la diges-

tion animale au travail d'un esprit. Les alchimistes croyaient à une substance divine répandue dans toute la matière, et pensaient que ceux qui pourraient en régler les transformations réussiraient à fabriquer l'or et les gemmes, et pourraient dans les corps organisés entretenir la santé et perpétuer la vie. Nous animons sans cesse la nature, et les lois scientifiques ne peuvent trouver d'expression qu'en empruntant des formes de langage où la spontanéité de l'esprit humain a semé les figures et les erreurs. Aussi nous est-il devenu assez difficile de ne point revêtir la matière de qualités propres, bien que ces qualités n'existent pas. Il n'y a en réalité ni entités de cette espèce, ni fluides, ni attractions, ni répulsions; la raison ne nous révèle qu'une substance animée de mouvements : quelques-uns de ces mouvements nous sont perceptibles, et composent l'idée relative et incomplète qu'avec l'aide des sens nous nous formons de la matérialité.

Cette notion compréhensive du monde, avant d'avoir reçu la sanction des découvertes scientifiques modernes, s'était déjà révélée aux profonds et vigoureux esprits de Descartes, de Leibnitz et de Spinoza. Les philosophes de l'école cartésienne ne voyaient dans la substance matérielle d'autres propriétés fondamentales que le mouvement et l'étendue; ils ne reconnaissaient rien autre d'essentiel dans ce monde ondoyant, où les propriétés, les formes, les contours s'altèrent, se dissipent, se mêlent dans une indescriptible variété, où tout se transforme et nulle chose ne demeure, où rien n'arrive jusqu'à nous que par l'intermédiaire des sens, organes aussi changeants que ce dont ils nous transmettent l'impression fugitive et troublée. Les théories métaphysiques de Descartes, longtemps dédaignées, lui assureront dans l'avenir une gloire plus solide que ce fameux *Discours sur la Méthode*, dont la valeur principale fut après tout d'être une protestation contre l'école scolastique; mais de tous ceux qui illustrèrent cette grande époque

où la philosophie brilla d'un si vif éclat, aucun ne sonda plus profondément que Spinoza l'essence même de la matière. Qu'on médite sur cette proposition concise qui se rencontre dans un de ses célèbres Traités : « Il est de la nature de la substance de se développer nécessairement par une infinité d'attributs infiniment modifiés. » La corrélation des forces physiques n'est-elle pas contenue, comme un simple cas particulier, dans cette puissante formule? Il n'est peut-être pas sans utilité, à une époque où la science a souvent semblé répudier le concours de la philosophie, de montrer que l'effort de la raison pure peut conduire l'esprit humain, par une voie directe, à la connaissance de lois générales qui renferment virtuellement toutes les lois scientifiques. « L'homme, écrit le philosophe américain Emerson, porte le monde dans son cerveau. Il n'est point de fait dans les sciences naturelles qui n'ait été deviné par le pressentiment avant d'être vérifié par l'observation. La raison de Franklin, de Dalton, de Davy, est la même raison qui a présidé aux lois qu'ils découvrent. » Il ne peut être question aujourd'hui d'asservir la science à une doctrine préconçue : sa méthode est tracée, ses règles fixes, son indépendance assurée; mais il est et sera toujours de son intérêt de rattacher les lois qu'elle découvre à des conceptions générales sur l'ensemble du monde. En prêtant à la philosophie quelque chose de sa rigueur, elle en recevra en échange une grandeur qui lui ferait défaut, si elle se bornait à multiplier des observations sans lien, ou s'asservissait à l'esprit utilitaire et à la poursuite des applications pratiques.

---



LA  
**PHILOSOPHIE CHIMIQUE**

ET

**LES TRAVAUX DE M. BERTHELOT.**



LA

# PHILOSOPHIE CHIMIQUE

ET

LES TRAVAUX DE M. BERTHELOT.

---

*Chimie organique fondée sur la synthèse*, par M. Marcellin Berthelot,  
Professeur de Chimie organique à l'École de Pharmacie; 1860 (1).

---

Pendant des siècles, la science fut considérée comme une branche de la philosophie; puis vint un jour où elle s'en sépara violemment. Philosophes et savants semblèrent également avoir répudié les glorieuses traditions laissées par Aristote, Descartes, Leibnitz, Pascal. Tandis que les premiers, placés en dehors du mouvement des découvertes modernes et couvrant leur ignorance par le dédain, s'obstinaient à prendre l'âme humaine comme unique objet de leurs investigations, les seconds méconnurent trop souvent les rapports des sciences particulières avec une science générale: habitués à l'analyse, à l'application exclusive de la méthode expérimentale, ils continuèrent laborieusement leur œuvre, sans se soucier des constructions idéales de la métaphysique. Ce divorce ne pouvait être de longue durée, et comme il semble toucher à sa fin, peut-être est-il permis de reconnaître qu'il n'a pas été inutile. La science a tenu à prouver son indépendance, elle est désor-

---

(1) 2 vol. in-8°, chez Mallet-Bachelier, libraire. Prix : 20 fr.

mais à l'abri de toute persécution scolastique ou religieuse ; mais l'esprit de l'homme est un, il est impossible de scinder cette noble ardeur qui l'entraîne vers le vrai. On peut affirmer que l'admirable développement de nos sciences engendrera quelque jour une renaissance des études philosophiques. La métaphysique a toujours eu la prétention de faire entrer le monde phénoménal tout entier dans des moules abstraits, conçus à priori par le raisonnement ; mais en réalité elle n'a pu complètement échapper aux influences extérieures, et n'a jamais enfermé dans ses formules que les connaissances répandues autour d'elle. Il devient nécessaire que la philosophie puise enfin dans le trésor accumulé depuis cent ans par la science, et chaque jour accru.

Parmi les découvertes modernes, il en est par exemple qui sont de la plus haute importance au point de vue spéculatif : la physique, dégagée des antiques et grossières notions des éléments, a réformé les idées que l'on a si longtemps entretenues sur l'essence des corps ; il semble à peine permis de discuter aujourd'hui sur la matérialité, si l'on ignore ce que nous savons dès à présent relativement aux qualités corporelles, à la corrélation intime qui se dévoile entre le mouvement de la substance et les propriétés sensibles dont elle jouit. La science est allée plus loin encore : elle n'a pas seulement étudié avec une rigueur étonnante les qualités sensibles des corps, ce qui leur communique chaleur, électricité, lumière ; elle en a scruté les affinités mutuelles, elle a observé les lois qui président aux associations et aux dissociations des diverses substances. Telle est l'œuvre de la chimie, qui pénètre, on peut le dire, dans ce que la matière a de plus profond, de plus spécifique. De semblables travaux ont un côté philosophique qui ne peut échapper à personne. Tout ce qui tend à déterminer, à préciser la conception que notre esprit se fait de la matière, touche directement au problème fondamental de la métaphysique ; mais

l'importance de telles études devient encore plus évidente lorsque, sortant du domaine de la substance inerte et inorganique, la science pénètre dans celui de la substance organisée, vivante. Quiconque a sondé par la pensée le problème de l'être a dû se demander plus d'une fois pourquoi la conscience, l'instinct, le pouvoir de la réflexion semblent attachés nécessairement à des organismes éphémères, esclaves et victimes du temps, contenant en eux-mêmes le germe d'une inévitable destruction, tandis que la pierre, l'eau, l'air, ce qui n'a ni vie propre, ni sensibilité d'aucune sorte, ne change jamais et demeure soumis à des lois indépendantes de la durée. Étrange dualisme ! D'une part une matière morte, immuable, éternel abîme d'où sort toute vie et où rentre toute vie ; de l'autre, des combinaisons formées d'éléments identiques, mais associés d'après des règles particulières, le cristal devenu cellule, les éléments de l'air, de l'eau, fixés sous forme d'êtres vivants, non plus sensiblement passifs, mais actifs, produits des forces naturelles devenus des forces à leur tour ; quelle puissance de transformation ! quelle merveilleuse métamorphose ! Qu'on envisage les termes extrêmes : ici l'homme, âme pensante, être borné dans l'étendue, mais embrassant un monde infini par la pensée ; — là les éléments qui ont servi à le composer, qui se retrouvent dans sa froide cendre ou dans l'atmosphère empoisonnée des cimetières. Quelle distance ! comment réconcilier de semblables phénomènes ? Un moment, une goutte de sang, un grain de poudre, une pierre qui tombe, un rien, rejettent l'être vivant dans l'abîme inorganique ; ce déchirement, ce retour, lent ou instantané, est un problème devant lequel l'esprit recule avec effroi. Volontiers il le rejetterait : il n'aime point à s'arrêter à ces deux termes mystérieux, la naissance ou la mort ; un instinct invincible l'éloigne de tout ce qui rappelle la décrépitude et la décomposition finales aussi bien que la transformation embryonnaire, phases obscures

d'une vie encore indécise, monstrueuse et difforme. Tout cela nous épouvante, parce que nous devinons que le redoutable secret de notre destinée s'y trouve caché.

La philosophie spéculative a passé légèrement, sinon dédaigneusement, sur ces problèmes; elle admet que des rapports existent entre l'être pensant et l'être vivant, mais elle n'a jamais cherché à les analyser avec rigueur. L'école cartésienne et, depuis Descartes, toutes les grandes écoles philosophiques ont cru résoudre la difficulté en regardant la pensée comme un des attributs essentiels de la substance, aussi bien que l'étendue; mais on n'a pas expliqué pourquoi cet attribut ne s'y montre pas toujours de la même manière, pourquoi il ne se révèle sous forme consciente que là où la substance étendue revêt des caractères particuliers, s'organise et devient sujette à des transformations d'une rapidité exceptionnelle. Sur ce point, la science, je me hâte de le dire, ne satisfait pas encore à toutes les questions de la philosophie. Fidèle à la méthode d'observation, elle ne pénètre que pas à pas dans l'infini dédale des phénomènes du monde organique; mais sa marche devient de plus en plus assurée, son horizon s'élargit de jour en jour, et bientôt elle se trouvera en état d'entreprendre avec fruit l'analyse des phénomènes complexes où interviennent la volonté et la personnalité. En attendant, il est heureux qu'un esprit habitué à la rigueur scientifique, mais porté par goût, par son élévation naturelle, aux généralisations, résume de temps à autre sous forme doctrinale les travaux de ses devanciers et les siens propres. C'est ce que vient d'entreprendre avec un grand succès M. Marcellin Berthelot, professeur de chimie organique à l'École de Pharmacie de Paris. En lisant la *Chimie organique fondée sur la synthèse*, ou seulement la longue Introduction qui ouvre le premier volume, on connaîtra l'histoire entière de la science chimique, les méthodes sur lesquelles elle s'appuie, le but

qu'elle poursuit, les théories qu'elle a fondées, et l'on comprendra en même temps quel service cette science peut rendre à une véritable philosophie. La synthèse chimique a fait, grâce aux beaux travaux de M. Berthelot, des conquêtes presque inespérées. Le jeune chimiste reproduit artificiellement et en très-grand nombre, non pas des êtres organisés, mais du moins les substances qui entrent dans la composition de l'animal et du végétal. La nature créatrice garde encore ses derniers et plus profonds secrets; mais quelques-uns du moins lui ont été arrachés.

Malgré tous les progrès accomplis depuis cinquante ans par la chimie organique, dont le nom lui-même est de création toute récente, on est d'abord moins frappé des résultats obtenus que des lacunes énormes qui séparent encore cette science du point où elle touche au problème fondamental de la vie. En maniant tant de substances si diverses, si changeantes, en les voyant passer par toute sorte de transformations, il semble qu'on soit dans un monde purement artificiel, et le laboratoire du chimiste paraît un microcosme de fantaisie qui ne ressemble en rien au monde véritable. Ce n'est qu'à de rares intervalles que l'organisme vivant se dresse devant la pensée, perdue au milieu de tant de métamorphoses artificielles: c'est dans l'animal ou le végétal qu'il faut chercher d'abord ces substances qui deviennent ensuite le jouet du savant. On oublie alors un moment les cornues, les tubes, les fourneaux, lorsqu'on a sous les yeux l'être, laboratoire animé où la nature elle-même règle toutes les réactions. C'est là, on n'en peut douter, ce qui revêt d'un charme puissant, d'un attrait particulier, les études auxquelles s'est voué M. Berthelot. Dans la plupart des autres sciences, l'objet soumis à l'observation et à l'analyse est nettement déterminé. On prend des mesures, on décrit, on cherche des lois; mais on n'est pas constamment poussé vers un inconnu tout nouveau. Les mystères n'y pressent pas les

mystères dans une succession si rapide ni si imprévue. L'objet de ces sciences est d'ordinaire un vaste tableau dont on veut fixer les contours, mais que l'œil peut embrasser d'un seul coup. La chimie organique au contraire se présente comme un vrai voyage de découvertes, plein d'accidents, de péripéties, et c'est au terme seulement que doit se rencontrer la solution des secrets qui ont de tout temps sollicité le plus vivement la curiosité des esprits amoureux du vrai et désireux de connaître la raison dernière des phénomènes. Rien n'est plus instructif, plus curieux que de suivre cette longue série d'efforts tentés pour mettre la chimie organique en mesure de fournir une base véritablement scientifique à la physiologie. Après les avoir passés en revue, je chercherai à montrer nettement quelle est la nature des rapports que la science est parvenue à surprendre entre le monde organique et le monde inorganisé, quelle est en un mot la doctrine chimique actuelle dans ses caractères les plus généraux et les plus importants. Dans cette double étude, historique et philosophique, on ne saurait prendre un meilleur guide que M. Berthelot, dont l'esprit est aussi familiarisé avec le passé de la science qu'ardent à en poursuivre les progrès, à en agrandir les enseignements.

## I.

La chimie organique n'a pu se constituer comme science qu'après les importantes découvertes qui ont donné à la chimie inorganique une base certaine, un corps de doctrine stable et étendu. Le monde vivant emprunte en effet ses éléments à la matière inerte; mais si les atomes s'y groupent dans un équilibre plus instable, les affinités des corps simples n'y sont point altérées. La connaissance de ces éléments irréductibles est la base fondamentale de la doctrine chimique moderne; ils nous fournissent l'unité spécifique

et fixent le *nec plus ultra* que l'analyse ne peut dépasser. Avec une soixantaine de substances, on peut reconstruire le monde en pensée. Cette notion des corps simples est toute moderne : l'antiquité fut asservie à la doctrine des quatre éléments ; les écoles scolastiques du moyen âge ne pénétrèrent pas plus profondément dans la véritable nature de la substance matérielle. Les premières tentatives faites pour décomposer les corps avec l'aide de la chaleur ou des dissolvants donnèrent naissance à la théorie dite des *trois éléments* ; on imagina que les premiers principes des choses étaient au nombre de trois, le *sel*, le *soufre* et le *mercure*, et que le mélange inégal de ces éléments constituait toutes les parties de l'univers. Boyle montra combien cette doctrine était peu satisfaisante : aux quatre éléments d'Empédocle, qui au moins avaient le privilège de se définir clairement, l'eau, l'air, le feu, la terre, on substituait des éléments mal définis, dont on donnait le nom à tout ce que l'on parvenait à extraire des corps, sans étudier la nature véritable et intime de ces parties constituantes. La théorie nouvelle avait pourtant sur l'ancienne un avantage réel, en ce qu'elle reconnaissait la possibilité d'effectuer des changements dans les corps, et attribuait ces modifications au déplacement, à la séparation ou à la combinaison des éléments primitifs, ou, comme on les nommait parfois, *hypostatiques*. Guidés par cette seule idée, vague encore et mal définie, les chimistes s'appliquèrent surtout à découvrir de nouvelles substances médicinales. L'art des Van Helmont et des Paracelse fut nommé l'art *spagirique*, c'est-à-dire l'art des séparations et des combinaisons. La chimie tout entière était déjà dans ce seul nom ; mais elle ne connaissait aucune règle, et s'abandonnait à l'empirisme le plus grossier. Tout y était désordre et confusion, comme dans ces sombres laboratoires où elle s'exerçait, et que l'art hollandais a si souvent reproduits avec un charme mystérieux.

Les corps simples, au nombre de soixante-deux, sont les éléments de la chimie moderne. Un grand nombre de ces corps a été découvert depuis un siècle; mais beaucoup d'entre eux étaient connus de toute antiquité, notamment les métaux usuels. Les anciennes théories n'y voyaient point une substance unique. Beccher, qui vécut de 1625 à 1682 et fut médecin de l'électeur de Bavière, considérait les métaux comme formés d'une terre et d'une matière qui s'en séparait lorsque les métaux étaient soumis à la combustion. Le fer, par exemple, était regardé par lui comme un mélange de ce que nous nommons la rouille et de cette substance hypothétique qu'il nommait le *soufre* par respect pour la tradition paracelsienne. Stahl, qui adopta les idées de Beccher (il vécut de 1660 à 1734, professa à Hall, et fut plus tard médecin royal à Berlin), appela cette substance du nom nouveau de *phlogiston* ou combustible. Il fut le vrai fondateur de la théorie phlogistique, qui donna naissance à la théorie de la combustion, aujourd'hui universellement admise, et fondée sur la découverte du gaz oxygène. Les idées de Stahl sur la production des métaux au moyen de leurs terres (ou oxydes, pour employer la terminologie actuelle), par l'addition du phlogistique, furent adoptées dans toute l'Europe. Elles exercèrent une telle influence sur les esprits, qu'au moment où l'on découvrit les deux gaz simples dont l'étude devait révolutionner toute la science, l'oxygène et le chlore, on les nomma d'abord : le premier, air sans phlogistique ou déphlogistiqué; le second, acide muriatique sans phlogistique (1). La découverte de ces corps simples, celle de la théorie véritable de la combustion, les travaux célèbres de Lavoisier et de son école, renversèrent ra-

---

(1) L'oxygène fut découvert presque en même temps, en 1774, par Priestley, Scheele et Lavoisier, le chlore par Scheele dans la même année.

pidement l'ancienne théorie. La distinction des corps simples et des corps composés avait désormais une base solide, et la classification devint possible.

Il ne suffisait pas de reconnaître l'existence des corps simples et des corps composés. Les combinaisons des corps simples sont-elles réglées par des lois fixes et invariables, ou doivent-elles être regardées seulement comme des mélanges qui peuvent s'opérer en toutes proportions? Les propriétés de ces agrégats sont-elles permanentes, ou varient-elles d'une manière indéfinie? Ces questions étaient encore indécises au commencement du XIX<sup>e</sup> siècle. Depuis longtemps, il est vrai, on avait une idée vague de ce que nous nommons aujourd'hui l'affinité, c'est-à-dire de la force qui règle les combinaisons des corps simples. Le premier savant qui formula cette notion avec quelque netteté fut Francis de Le Boë (Sylvius), qui naquit en 1614 et exerça la médecine à Amsterdam avec un grand succès. Avant lui déjà on distinguait des corps acides et des alcalis; mais Sylvius généralisa le sens de ces expressions pour y trouver les termes corrélatifs de toute combinaison chimique, et il les appliqua même aux fluides qui entrent dans la composition du corps humain. Il mit à la mode un jargon chimico-physiologique qui fit promptement fortune, et dont on retrouve encore la trace dans les comédies de Molière. La notion de l'acidité et de l'alcalinité impliquait celle d'une affinité naturelle de certains corps, rangés dans la catégorie des acides, pour d'autres corps, classés parmi les bases ou alcalis. On admettait d'une manière générale l'existence de ces attractions occultes; mais il fallait comprendre également qu'elles ont quelque chose de spécifique, qu'elles varient en intensité d'une substance à l'autre, en un mot que les affinités sont *électives*. On trouve pour la première fois cette pensée exprimée avec force et avec précision dans une étude d'un chimiste français trop peu connu, Geoffroy, insérée dans les *Mé-*

moires de l'Académie des Sciences en 1718. Ce savant donna même une liste des corps, rangés suivant l'ordre d'affinité. Proust, au commencement du siècle, apporta un grand nombre de faits à l'appui des idées de Geoffroy ; mais ses théories furent combattues avec beaucoup de talent par Berthollet, qui ne regardait les composés chimiques que comme des mélanges indéterminés. C'est aux chimistes anglais Dalton et Wollaston que la science doit d'être fixée définitivement sur un point aussi essentiel. On sait aujourd'hui, grâce à leurs beaux travaux, que lorsque deux corps simples s'unissent, ils se marient en *proportions définies*, c'est-à-dire que les éléments constituants se combinent en proportions qui, pour chacun des composés obtenus, demeurent invariables. On sait de plus que si deux éléments sont capables de former divers composés en se combinant suivant diverses proportions, le poids de l'un de ces éléments constituants étant supposé constant, les poids des seconds éléments ont entre eux des rapports simples et forment une sorte d'échelle qui reste la même, quelles que soient les substances qu'on fasse agir les unes sur les autres. Ces règles, en quelque sorte numériques, s'imposent à toutes les combinaisons matérielles. De ces deux lois fondamentales, *loi des proportions définies*, *loi des proportions multiples*, ressort naturellement l'idée de ce que l'on nomme l'*équivalent*, symbole numérique qui représente chaque corps simple dans toutes ses combinaisons, véritable unité chimique qui caractérise l'atome dans ce qu'il a de permanent, de spécifique. Ces grandes lois furent découvertes par la chimie minérale. Sans elles, l'étude de la chimie organique serait demeurée un véritable chaos.

Tous les essais tentés jusqu'à cette découverte pour connaître la composition des matières qui se forment dans les végétaux et les animaux avaient été à peu près infructueux. La méthode empirique n'aboutit à rien, lorsqu'elle n'est pas guidée par une induction sûre

et une conception générale. Or les idées relatives aux propriétés des substances organiques étaient aussi fausses que confuses. On avait, il est vrai, remarqué que ces propriétés ne résident pas d'ordinaire dans l'ensemble des corps où on les observe, mais dans certaines parties faciles quelquefois à isoler. Pour séparer ces parties ou *essences*, les philosophes arabes avaient inventé la distillation. La recherche des *essences* ou *formes* se rattachait à la conception métaphysique de la matière que l'antiquité avait admise, et que les écoles scolastiques du moyen âge avaient acceptée comme un legs précieux. Aux yeux de la science antique, la matière jouissait d'une sorte de dualité; elle comprenait d'une part quelque chose d'immuable, dépourvu de qualités déterminées, mais susceptible de revêtir toutes les qualités, sans mouvement propre, mais capable de recevoir tous les mouvements, un *substratum* caché sous les phénomènes, — et d'autre part des essences ou formes qui, s'ajoutant à la matière purement virtuelle, en déterminaient les mouvements, les apparences, en un mot les propriétés. En comprenant de cette façon la composition de la matière, il n'y avait rien d'absurde ni d'extraordinaire à rechercher la pierre philosophale. Pour l'alchimiste, l'or n'était pas un corps simple; c'était un mélange du *substratum* matériel avec l'essence capable de donner la couleur, le poids, la dureté, toutes les qualités de l'or. Si donc cette essence pouvait être isolée, s'il était possible de l'introduire dans une matière quelconque, il serait permis d'opérer cette fameuse transmutation, rêve de tant de philosophes.

Tous les efforts de la science, inspirés par une métaphysique trompeuse, devaient tendre naturellement à la découverte des essences. On attribuait la saveur douce dans les corps à un principe doux, la saveur amère à un principe amer unique, l'odeur à ce que l'on nommait l'*esprit recteur*, l'acidité à un principe acide, etc.; mais la plupart des essais entrepris pour décomposer les corps et

en soutirer les parties essentielles conduisaient à des résultats négatifs et propres à confondre d'étonnement ceux qui s'y appliquaient. La distillation détruisait le plus souvent les principes végétaux qu'elle devait séparer, et l'alchimiste se demandait comment les substances si diverses qu'il s'efforçait d'analyser se réduisaient toujours dans les mêmes substances générales, eau, huile et gaz. Aucune différence entre ce qui provenait du poison et du contre-poison, de l'amer et du sucré, du froment et de la ciguë. La nature se jouait des théories. Ce résultat négatif avait pourtant une immense valeur. Il montrait que les composés organiques végétaux, réduits à leurs derniers éléments, ont une parenté manifeste et sont tous formés des mêmes corps simples; les composés organiques provenant des animaux n'en diffèrent que parce qu'ils contiennent un corps simple de plus. Cette idée élémentaire avait de quoi étonner en présence de l'infinie variété du monde organique, des formes, des couleurs, des propriétés physiques et chimiques que nous y apercevons. Quatre corps simples ont suffi cependant pour bâtir ce miraculeux édifice. Associés en proportions variées, ils forment tous ces groupements, dont le nombre est en quelque sorte infini. Les forces qui les rattachent s'équilibrent des façons les plus diverses, et ces équilibres, toujours changeants, se succèdent à travers des métamorphoses sans fin.

Les deux termes extrêmes de la chimie organique sont : d'une part le végétal ou l'animal vivant, de l'autre ces quatre corps simples, — carbone, oxygène, hydrogène, azote, — qui forment le tissu de toute substance organisée, et qui subsistent encore lorsque le principe mystérieux de la vie a disparu. L'*analyse élémentaire* est l'opération chimique qui ramène les matières organisées à ces derniers éléments; elle opère ce que fait la mort elle-même, une véritable destruction, un retour de l'organisation à l'inertie primitive. Nécessaire pour nous démontrer la permanence, la simplicité

fondamentale des éléments chimiques qui caractérise la nature vivante, l'analyse élémentaire ne nous enseigne en réalité rien sur les opérations à l'aide desquelles la vie s'assimile les corps simples, les fait circuler dans l'être organisé, les transforme, leur donne cette mobilité, cette délicatesse, ces grâces éphémères, cette exquise sensibilité qui contrastent avec l'éternelle et froide immobilité du monde minéral.

C'est ici qu'intervient une opération qui fournit à la chimie organique les véritables éléments de ses délicates investigations : c'est l'*analyse immédiate*. Expliquons ce mot : les corps simples, dont l'analyse élémentaire révèle l'existence dans toute matière organisée, n'y sont pas mélangés au hasard ; ils s'y groupent de manière à produire des substances d'une composition chimique constante. Ces groupes, véritables *espèces* de la chimie organique, ne forment point isolément des êtres vivants ; mais tout être vivant les renferme en nombre plus ou moins grand. Le sucre, l'alumine, l'amidon, ne sont ni des espèces minérales, comme le silex, la chaux ou l'argile, ni des êtres organisés proprement dits : ce sont les principes constituants de semblables êtres, ou, comme s'exprime la science, des principes *immédiats*. Pour s'emparer des matériaux inorganiques, la force qui produit et entretient la vie est obligée de construire d'abord ces groupes qui servent de lien entre la matière inerte et la matière douée d'un mouvement propre.

Comment procède l'analyse immédiate ? « Examinons un fruit, un citron par exemple, dit M. Berthelot. Cette matière n'est pas simple. Exprimons d'abord le citron, nous obtiendrons deux matières nouvelles : l'une liquide, douée d'un goût acide et sucré, c'est le jus du fruit ; l'autre solide et odorante, c'est l'enveloppe du fruit. Étudions-les séparément. En soumettant la partie liquide à l'analyse de façon à isoler les matières qu'elle renferme, sans

cependant leur faire éprouver d'altération, nous la résoudrons dans un certain nombre de matériaux primitifs ou principes immédiats, tels que l'acide citrique, auquel est due la saveur acide, le sucre de raisin et le sucre de canne, dans lesquels réside le principe sucré, une substance analogue à l'albumine, etc., enfin de l'eau qui tient en dissolution les matières précédentes. L'acide citrique, le sucre de raisin, le sucre de canne, etc., en un mot chacun des corps composés isolés par cette première analyse est doué de propriétés constantes et définies : on ne saurait le séparer en plusieurs substances nouvelles sans faire disparaître toutes ses propriétés. » On conçoit sans peine quel intérêt s'attache à l'étude de ces principes, qui sont les intermédiaires constants et nécessaires entre l'organisation et l'état inorganique. D'un côté la vie, de l'autre la mort, et, pour combler l'abîme, un monde ambigu de formes et de combinaisons spéciales où la vie choisit les agents de ses métamorphoses, où la mort reprend sans cesse tous les éléments qui échappent à l'action vitale. Puisque l'homme dans ses études ne peut procéder que du simple au composé, la première étape de la biologie, c'est-à-dire de la science de la vie, doit être forcément l'étude des principes immédiats. On ne peut comprendre une machine sans connaître les divers mécanismes qui s'y agencent et y exercent une action mutuelle.

L'étude des principes immédiats est la clef de voûte de l'édifice chimique. Ce n'est que vers le milieu du xviii<sup>e</sup> siècle qu'on commença à en comprendre l'importance et qu'on s'attacha à les isoler. Pour les obtenir, on profitait ordinairement de l'action même des forces naturelles : on recueillait le camphre sur l'arbre même qui le sécrète, les gommés sur les végétaux qui les portent, le coton sur le cotonnier ; les résines étaient obtenues au moyen d'incisions pratiquées sur les pins et les mélèzes, sur le sapin argenté ; on avait également recours à l'action des dissolvants neutres, tels que

l'eau et l'alcool, qui enlèvent, sans les détruire, aux végétaux et aux produits animaux quelques-unes de leurs parties constituantes. C'est par ces procédés que plusieurs chimistes, parmi lesquels il faut citer surtout Scheele, découvrirent un assez grand nombre d'acides organiques : l'urée fut reconnue dans l'urine, les sucres dans les fruits et dans divers végétaux. On ignorait pourtant encore, à la fin du dernier siècle, la définition véritable des principes immédiats; on ne savait pas qu'ils étaient formés d'éléments invariables et doués de propriétés constantes. Dans les ouvrages écrits à cette époque, les corps qui méritent ce nom se trouvent mêlés avec une foule d'autres substances qui, mélangées elles-mêmes de principes immédiats en proportion très-variable, ne jouissent d'aucune propriété définie. Fourcroy par exemple, dans sa *Philosophie chimique*, donne la liste suivante des éléments constituants des végétaux : la sève, le muqueux, le sucre, l'albumine, les acides, l'extractif, l'amidon, le tannin, le glutineux, la matière colorante, l'huile fine, la cire végétale, l'huile volatile, le camphre, la résine, la gomme-résine, le baume, le caoutchouc, le ligneux, le salin. « En séparant, dit-il, ces vingt genres de composés d'un végétal, on fait son analyse très-exacte. » Aujourd'hui, dans toute cette série de substances, nous ne reconnaissons que deux principes immédiats : le sucre et l'amidon. Tandis que l'on admettait comme tels des corps dépourvus d'une composition constante, Fourcroy et Vauquelin regardaient de véritables principes comme de simples mélanges. Les opinions ne se fixèrent sur ce point délicat que lorsque la chimie minérale eut découvert la loi des proportions définies, et qu'on en fit l'application aux substances tirées de la nature organique.

La révolution opérée par Lavoisier porta rapidement ses fruits, et dès l'année 1824 M. Chevreul déclarait que « la base de la chimie organique est la définition précise des principes immédiats qui

constituent les végétaux et les animaux. » Appliquant cette idée nouvelle à un sujet spécial, il avait publié, dans l'intervalle de 1813 à 1823, une série de *Mémoires* sur les corps gras d'origine animale. Ces beaux travaux marquent une époque dans l'histoire de la science. A l'aide de lavages successifs, il réussit à extraire de ces graisses les principes qui les composent; il reconnut que les graisses, les huiles et les beurres sont des mélanges en proportions variées d'un petit nombre de substances. Les principales d'entre elles, nommées par lui stéarine, margarine, oléine, donnent naissance, en s'associant, à l'huile d'olive, à l'huile de palme, à l'huile d'amandes douces, à la graisse d'homme, au suif de bœuf et de mouton, à l'axonge, à la graisse d'oie. Unies à certains composés odorants et tout à fait analogues, elles constituent le beurre et les huiles de poisson. Il montra enfin que tous ces principes immédiats peuvent se résoudre en une substance unique, nommée glycérine, et en un acide gras variable ( parmi ces acides, il en est un bien connu, l'acide stéarique, qui constitue la bougie ), et il fit voir que ces acides gras, en s'unissant à des alcalis, produisent des savons. Il fut démontré ainsi qu'une seule série de corps est due à des mélanges en proportion indéfinie d'un petit nombre de principes immédiats, doués individuellement de propriétés définies.

Presque en même temps, Gay-Lussac jetait une lumière nouvelle dans l'étude d'une autre série de corps qui jouent un rôle prépondérant dans la chimie organique. L'alcool était connu dès longtemps : les Arabes l'avaient extrait du vin par la distillation, et les alchimistes l'employaient sous le nom d'esprit ardent. Dès le xvi<sup>e</sup> siècle, on avait aussi reconnu qu'en distillant ensemble l'alcool et l'acide sulfurique, on obtient un liquide nouveau, l'éther. On avait même découvert que d'autres acides donnent également avec l'alcool un produit éthéré, l'acide du sel marin, celui du vinaigre. Sous cet ensemble de phénomènes se cachait une loi gé-

nérale. Gay-Lussac fit le premier pas vers cette découverte : il montra par l'analyse la relation qui existe entre l'alcool, l'éther, l'eau ordinaire et une substance binaire composée de carbone et d'hydrogène. Ces relations furent depuis généralisées par M. Dumas et d'autres chimistes ; l'alcool et l'éther sont devenus les types d'une classe nombreuse de composés soumis en quelque sorte à une hiérarchie chimique uniforme. Ces belles découvertes, en même temps que les travaux de Gay-Lussac relativement à la décomposition du sucre en alcool et en acide carbonique sous l'influence de la fermentation, établissaient les premiers liens entre les substances inorganiques et ces composés plus instables qu'on ne rencontre qu'au sein de la nature organique.

Maîtresse de ces premiers secrets, la science nouvelle fit des progrès de plus en plus rapides ; au lieu de détruire d'un seul coup les substances organiques, elle apprit à les décomposer en leurs parties constituantes : elle opéra cette réduction d'une manière savante et graduée, de façon à parcourir un à un tous les degrés qui séparent les composés vivants de l'inertie physique. Dans cette étude systématique, elle rencontra devant elle un nombre de corps si prodigieux, que la classification devint son premier souci : elle dut chercher à faire rentrer tous ces corps dans certains moules, créer des familles, des types, et construire en quelque sorte idéalement l'édifice chimique. Deux idées dominantes servirent de guides aux savants au milieu de ce dédale. Il cherchèrent à rattacher les lois de la classification au rôle prépondérant que joue l'oxygène ou l'élément comburant dans la combinaison des corps ; en second lieu, ils découvrirent que dans les composés organiques on peut extraire une à une les molécules d'un corps simple pour y substituer les molécules d'un autre corps simple ou même d'un radical composé. *L'échelle de combustion*, la *loi des substitutions*, devinrent les bases de la doctrine scientifique.

Sur le premier point, voici ce qu'écrivait Gerhardt, le chimiste éminent dont la science déplore la mort récente et prématurée : « Les deux extrémités sont occupées d'une part, au sommet, par la matière cérébrale, l'albumine, la fibrine et les autres substances plus complexes, et d'autre part, au pied, par l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque... Une infinité d'échelons occupent l'intervalle... Le chimiste, en appliquant les réactifs de combustion aux substances placées dans les échelons supérieurs, descend l'échelle, c'est-à-dire qu'il simplifie peu à peu ces substances en brûlant successivement une partie de leur carbone et de leur hydrogène. » La loi des substitutions, due à M. Dumas, donna une nouvelle élasticité aux formules de la classification. Laurent la développa avec ardeur, et se laissa ainsi entraîner aux théories les plus hasardées. C'est surtout à lui qu'on peut appliquer ce jugement sévère de M. Berthelot : « Presque tous les systèmes construits depuis vingt-cinq ans présentent ce caractère commun et singulier d'être fondés à peu près exclusivement sur la combinaison des signes et des formules. Ce sont des théories de langage et non des théories de faits. Aussi il arrive bien souvent aux chimistes de prendre les propriétés des nombres cachées dans leurs formules pour les propriétés mystérieuses des êtres véritables : illusion analogue à celle des pythagoriciens, mais peut-être moins justifiée par la nature des sciences expérimentales. »

Les formules chimiques indiquent pour ainsi dire en bloc la composition des corps : elles donnent, pour un composé organique, le nombre des atomes de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote ; elles n'apprennent rien sur la manière dont ces atomes se trouvent groupés. Sur ce point, le chimiste peut spéculer à l'aise et combiner les atomes de la façon qui lui paraît répondre le mieux aux affinités qui se révèlent lorsque le corps se décompose ou se trouve en contact avec d'autres substances. Ce travail nouveau a

un grand intérêt, car il ne tend rien moins qu'à représenter par de purs symboles les propriétés mêmes de la matière ; mais on conçoit aisément que la liberté d'interprétation appliquée par chacun à résoudre le problème selon ses vues propres peut jeter dans la science une véritable confusion.

M. Berthelot s'est fait l'organe de la réaction contre ce système : convaincu que l'analyse ne pouvait à elle seule éclaircir les points les plus fondamentaux de la chimie rationnelle, puisqu'elle ne juge des corps, comme on l'a dit, qu'après qu'ils n'existent plus, il chercha dans la synthèse un nouveau moyen de pénétrer plus profondément dans les relations générales qui président aux affinités naturelles. Cette tentative avait plus d'un genre d'utilité. Si elle réussissait, elle permettait de donner à l'enseignement de la chimie organique la forme propre à toutes les autres sciences, qui procèdent du simple au composé, tandis que jusque-là on avait suivi la marche contraire. Servant en quelque sorte de contre-épreuve à l'analyse, elle devait en corroborer les résultats et les éclairer d'une lumière nouvelle. Enfin, chose plus importante, elle devait ouvrir à l'expérimentation des voies encore inexplorees, et faire mieux connaître la nature des forces qui sont en jeu dans la matière organisée. Pendant longtemps, la science avait admis une distinction fondamentale, au point de vue de la synthèse, entre les substances minérales et les principes immédiats organiques ; tandis que l'on composait les premiers de toutes pièces en combinant les éléments que l'analyse y avait reconnus, on supposait que la formation des seconds ne dépendait pas seulement du jeu des affinités chimiques, mais exigeait encore l'intervention de forces dont l'homme ne peut disposer. On avait, il est bien vrai, réussi à produire quelques substances analogues aux principes organiques, et pourtant Berzélius cherchait à atténuer la portée de ces expériences en faisant remarquer que ces substances étaient « pla-

cées sur la limite extrême entre la composition organique et la composition inorganique. » De ce nombre était l'urée, produite artificiellement par un des premiers chimistes de l'Allemagne, M. Wöhler, en 1828. Les chimistes avaient également composé de toutes pièces un assez grand nombre d'alcalis organiques ; mais ces recherches avaient toujours porté sur des corps qui empruntent la plupart de leurs propriétés fondamentales aux éléments minéraux qui ont servi à les produire. La synthèse n'avait pas pénétré dans le domaine entier de la chimie organique, et en 1844 Gerhardt pensait encore que la formation au sein des organismes vivants de ces substances, où toutes les propriétés fondamentales des corps simples composants sont entièrement dissimulées, tenait « à l'action mystérieuse de la force vitale, action opposée, en lutte continuelle avec celles que nous sommes habitués à regarder comme la cause des phénomènes chimiques ordinaires. »

Depuis dix ans, les travaux de M. Berthelot ont prouvé que la synthèse peut s'appliquer avec succès à la formation artificielle des corps qui sont en quelque sorte les espèces les plus caractéristiques du monde organique. De quelle façon pouvons-nous donc reconstruire l'édifice abattu par la décomposition et l'analyse ? Commençons par les termes les plus simples, les carbures d'hydrogène. L'un de ces composés binaires appartient encore au monde minéral : c'est le gaz qui s'échappe des marais, au fond desquels des matières végétales se décomposent lentement. Contenu dans les anciennes forêts aujourd'hui converties en couches de houille, il produit, sous le nom de grisou, les dangereuses explosions des mines. Jusqu'ici ce composé de carbone et d'hydrogène, comme un grand nombre d'autres carbures qui ne se trouvent pas isolés dans la nature, n'avait été obtenu dans les laboratoires que parmi les produits de la décomposition de corps organiques plus complexes. M. Berthelot a reproduit artificiellement un assez

grand nombre d'hydrogènes carbonés avec les seuls éléments de l'eau et de l'acide carbonique, corps qui appartiennent à la nature inorganique.

Le point de départ de la synthèse ainsi assuré, il restait à remonter des carbures d'hydrogène aux composés oxygénés, en renversant l'ordre habituel de la production de ces carbures mêmes. Ce second échelon nous mène aux alcools et aux nombreux corps qui en dérivent. On désigne sous le nom générique d'alcool tout composé ternaire de carbone, d'hydrogène et d'oxygène propre à s'unir à un acide en abandonnant de l'eau, et à former ainsi un composé ternaire neutre, nommé éther, qui ne ressemble pas aux sels ordinaires de la chimie minérale, parce qu'il n'obéit pas aux mêmes lois de décomposition. « Les allures spéciales des alcools et des éthers, dit avec raison M. Berthelot, ne permettent de les assimiler à aucune catégorie de composés minéraux : ils constituent un groupe distinct, et représentent, au même titre que les acides, les bases et les sels, une fonction chimique déterminée. Cette fonction est spéciale à la chimie organique. A ce point de vue, la synthèse des alcools au moyen des éléments est tout à fait indispensable, et elle est en même temps décisive. » Cette synthèse a été obtenue par M. Berthelot en partant des composés binaires ; les carbures d'hydrogène et les alcools une fois obtenus artificiellement, rien n'est plus facile que d'en extraire, par les ressources ordinaires, ce nombre presque infini de combinaisons qui en dérivent, et qui remplissent les vastes cadres de la chimie organique. Enfin le savant chimiste a été assez heureux pour obtenir la synthèse des corps gras composés, dont l'étude forme en quelque sorte une nouvelle chimie organique « plus vaste encore que celle des matières volatiles, infiniment plus délicate, plus importante peut-être en raison de ses applications physiologiques. » Pour les obtenir artificiellement, il a fallu imaginer des méthodes qui permis-

sent d'unir la glycérine aux divers acides gras; enfin, poussant encore plus loin ses investigations, M. Berthelot a étudié au même point de vue les composés susceptibles d'être obtenus à l'aide de diverses matières sucrées qui jouent un rôle semblable à celui de la glycérine. Il a fait rentrer toutes ces combinaisons dans une théorie générale, où les corps gras ordinaires et les sucres deviennent le point de départ d'une infinité de substances que la synthèse peut produire en vertu de certaines lois. C'est par centaines de millions qu'on peut compter ces corps artificiels *possibles*, dont la nature n'a réalisé qu'un certain nombre, mais que la science peut multiplier en quelque sorte indéfiniment!

Le domaine de la chimie organique s'agrandit ainsi à mesure que l'on connaît mieux les fonctions de ces composés-types, carbures d'hydrogène, alcools ordinaires, matières sucrées, corps gras, et pourtant, après avoir parcouru une telle carrière, on voit s'ouvrir des horizons encore plus vastes : la synthèse n'a pas touché jusqu'ici aux essences, aux matières colorantes, aux substances aluminosides, dont l'étude est pleine d'obscurités. Ce sont autant de mondes nouveaux qui attendent un explorateur. Lorsqu'on aura découvert, en joignant les efforts de la synthèse à ceux de l'analyse, le rôle de ces composés, leur fonction chimique en quelque sorte, il deviendra facile de multiplier à l'infini le nombre des substances organiques qui s'y rattachent. M. Berthelot est encore assez jeune pour qu'il soit permis d'espérer qu'il pourra lui-même aborder ces délicates études après avoir déjà enrichi d'une manière si inespérée les parties de la science vers lesquelles il a tourné son esprit philosophique et créateur.

Résumant ses laborieux travaux, le savant chimiste avait acquis le droit d'écrire : « La synthèse étend ainsi ses conquêtes, depuis les éléments jusqu'au domaine des substances les plus compliquées, sans que l'on puisse assigner de limite à ses progrès. En

effet, si l'on envisage par la pensée la multitude presque infinie des composés organiques depuis les corps que l'art sait reproduire, tels que les carbures, les alcools et leurs dérivés, jusqu'à ceux qui n'existent encore que dans la nature, tels que les matières sucrées et les principes azotés d'origine animale, on passe d'un terme à l'autre par des degrés insensibles, et l'on n'aperçoit plus de barrière absolue et tranchée que l'on puisse redouter avec quelque apparence de certitude de trouver infranchissable. »

## II.

Après avoir montré par quelle série de découvertes la science est arrivée à constituer sa doctrine, il faut examiner cette doctrine elle-même dans ses caractères les plus généraux, les plus philosophiques, et dans ses rapports avec le problème physiologique de l'être.

La chimie organique a aujourd'hui les mêmes bases que la chimie minérale. Il est démontré que l'on peut reproduire artificiellement, en mettant en jeu les seules affinités chimiques, les principes immédiats qui se forment dans les êtres vivants. L'analogie la plus stricte permet donc de croire que ces principes n'y prennent naissance que par l'action des mêmes affinités, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir une force hypothétique attachée en quelque sorte à ce que nous appelons la vie. Au point de vue physiologique, et je dirai même philosophique, c'est là un résultat d'une importance capitale. Quel chimiste aurait cru, il y a cinquante ans, que, prenant pour point de départ les éléments de l'eau et ceux de l'air, l'acide carbonique, l'azote et l'oxygène, il deviendrait possible de composer artificiellement les alcools, substances qui n'ont point d'analogues dans la chimie minérale, les éthers, les principes odorants des fruits, les essences irritantes

de l'ail, de la moutarde, les matières cireuses connues sous les noms de blanc de baleine et de cire de Chine, la cire d'abeilles, les alcalis végétaux analogues à la morphine, la quinine, la nicotine, les principes odorants de la menthe et des essences amères, le camphre ordinaire, les essences de reine-des-prés, de cannelle, de cumin, de girofle et d'anis, les acides des fourmis, du vinaigre, du beurre, de la valériane, plusieurs acides gras, l'acide du benjoin, l'acide du lait aigri, ceux de l'oseille, du succin, etc., l'urée, qui se rencontre dans les excréments des animaux supérieurs, la taurine, matière azotée contenue dans la bile, le sucre de gélatine et la leucine, répandus dans les tissus des animaux, l'acide hippurique, qu'on trouve dans l'urine des herbivores? Le chimiste *crée* toutes ces substances à volonté. S'il ne peut fixer dans ses cornues et ses instruments le principe vital, il peut y composer les matériaux nécessaires à l'être vivant, et créer au gré de son caprice un monde nouveau de principes immédiats que nous ne rencontrons dans aucun des organismes connus, et qui demeurent entre ses mains comme les éléments en quelque sorte d'autres êtres possibles et virtuels.

L'identité des forces qui concourent à la formation des principes immédiats et des corps inorganiques est une découverte si importante, que M. Berthelot y revient sans cesse, et il est impossible de mieux faire que de citer encore une fois ses propres paroles :

« Tout, dit-il, avait concouru à faire regarder par la plupart des esprits la barrière entre les deux chimies comme infranchissable. Pour expliquer notre impuissance, on tirait une raison spécieuse de l'intervention de la force vitale, seule apte jusque-là à composer des substances organiques. C'était, disait-on, une force particulière qui résidait dans la nature vivante, et qui triomphait des forces moléculaires propres aux éléments de la matière inor-

ganique. On ajoutait : « C'est cette force mystérieuse qui détermine exclusivement les phénomènes chimiques observés dans les êtres vivants ; elle agit en vertu de lois essentiellement distinctes de celles qui règlent les mouvements de la matière purement mobile et quiescible. Elle imprime à celle-ci des états d'équilibre particuliers, et qu'elle peut seule maintenir, car ils sont incompatibles avec le jeu des affinités minérales. » Telle était l'explication au moyen de laquelle on justifiait l'imperfection de la chimie organique, et on la déclarait pour ainsi dire sans remède.

» En proclamant ainsi notre impuissance absolue dans la production des matières organiques, deux choses avaient été confondues : la formation des substances chimiques dont l'assemblage constitue les êtres organisés, et la formation des organes eux-mêmes. Ce dernier problème n'est point du domaine de la chimie. Jamais le chimiste ne prétendra former dans son laboratoire une feuille, un fruit, un muscle, un organe. Ce sont là des questions qui relèvent de la physiologie ; c'est à elle qu'il appartient d'en discuter les termes, de dévoiler les lois du développement des êtres vivants tout entiers, sans lesquelles aucun organe isolé n'aurait ni sa raison d'être, ni le milieu nécessaire à sa formation. Mais ce que la chimie ne peut faire dans l'ordre de l'organisation, elle peut l'entreprendre dans la fabrication des substances renfermées dans les êtres vivants. Si la structure même des végétaux et des animaux échappe à ses applications, elle a le droit de prétendre à former les principes immédiats, c'est-à-dire les matériaux chimiques qui constituent les organes, indépendamment de la structure spéciale en fibres et en cellules que ces matériaux affectent dans les animaux et dans les végétaux. Cette formation même et l'explication des métamorphoses pondérales que la matière éprouve dans les êtres vivants constituent un champ assez vaste, assez beau ; la synthèse chimique doit le revendiquer tout entier. »

Ce remarquable extrait montre avec une grande netteté quel est le rôle véritable de la chimie organique ; elle étudie et compose seulement les matériaux de la vie, sans s'occuper de l'être vivant lui-même ; elle broie les couleurs du tableau, mais il faut une autre main pour employer ces couleurs et pour créer l'œuvre où elles se fondent en une harmonieuse unité. Laissons les sciences choisir leur objet et librement délimiter le champ de leurs investigations ; l'esprit humain ne connaît pas de limites semblables, et sa curiosité veut embrasser le monde sous toutes ses faces. En réfléchissant aux phénomènes que présente la nature organique, il est invinciblement poussé à se faire cette question : Ces phénomènes sont-ils régis par les mêmes lois que le monde inerte, ou bien y a-t-il sous ces mouvements spontanés, sous ces métamorphoses rapides, une cause spéciale, un moteur particulier ? Par l'organe de M. Berthelot, la chimie organique nous déclare qu'en ce qui concerne les principes immédiats des êtres vivants, il faut renoncer à l'attrait de l'inconnu ; ce qui compose le végétal, ce qui est la substance de l'animal sort de l'abîme inorganique par l'effet de lois chimiques certaines, connues, dont l'homme peut lui-même diriger l'emploi.

Est-ce assez d'admettre l'action simultanée de forces physiques et chimiques pour expliquer les transformations qui s'opèrent dans l'être vivant ? Pénétrons un peu plus avant dans le problème. Toutes les synthèses que M. Berthelot a été assez heureux pour produire démontrent d'une façon péremptoire que l'affinité chimique suffit à construire ces substances diverses que le savant nomme principes immédiats, et qu'il retrouve dans la nature organisée avec une structure spéciale, mais avec une composition identique à celle des êtres artificiels qu'il produit. Cependant il est une idée inséparable de la notion même de l'être, sur laquelle se porte l'esprit aussitôt qu'il est question des phénomènes de

l'organisation : c'est l'idée de développement, c'est la loi de succession en vertu de laquelle les êtres vivants ne sont pas seulement dépendants des forces matérielles ordinaires, mais encore du temps. Ils ne demeurent pas identiques à eux-mêmes comme la pierre ou le minéral, mais ils traversent des phases diverses ; durant chacune de ces métamorphoses, on peut, par une analyse délicate, arriver à découvrir à chaque instant les forces qui se trouvent en jeu. Seulement la loi générale de ces métamorphoses, où la chercher ?

Pour répondre à cette question d'une importance vraiment capitale, il faut apprendre sous quelles influences les forces chimiques inhérentes à toute molécule matérielle sont sollicitées à agir dans l'être vivant. Le phénomène capable de jeter le plus de lumière sur ces réactions subtiles est celui qu'on connaît sous le nom de *fermentation*. L'existence, pourrait-on presque dire par une métaphore hardie, n'est qu'une longue fermentation ; depuis longtemps on a comme le pressentiment que les actions que nous comprenons sous cette dénomination générale servent de lien entre les réactions chimiques ordinaires et les phénomènes vitaux. Il y a en effet dans une fermentation tout un petit drame chimique qui est comme une image affaiblie et atténuée de la vie ; on peut y distinguer un commencement, un maximum d'activité, et une fin. Sans s'arrêter à d'aussi vagues comparaisons, on peut retrouver dans les fonctions particulières des organes vivants quelque chose qui rappelle entièrement les fermentations ordinaires.

L'affinité chimique, s'exerçant dans le règne organique sur un très-petit nombre d'éléments, peut, en multipliant à l'infini les combinaisons atomiques, donner naissance à une multitude de corps ; mais ces substances se distinguent en général de celles du règne inorganique par leur instabilité. Les molécules s'y groupent en formant des édifices dont l'équilibre se déränge ou se modifie sous les influences les plus légères. Ces altérations peuvent être

produites de diverses façons par des agents chimiques et par des agents physiques. Une température élevée détruit toutes les substances organiques ; les principes sucrés sont décomposés avant 200°, quelquefois même au-dessous de 100°, et les substances albuminoïdes sont encore beaucoup moins stables. A partir de 300°, la plupart des composés organiques un peu complexes commencent à se dédoubler et à se résoudre en substances d'une combinaison plus simple. La chaleur n'opère pas seule ces métamorphoses : certaines substances sont douées de la propriété de les provoquer et de modifier profondément la composition des milieux organiques où elles se trouvent placées ; ce sont les *ferments*. Ce qui les caractérise, c'est qu'ils agissent sous un volume et un poids très-faible, et semblent ne pas intervenir chimiquement, c'est-à-dire par leurs propres éléments, dans les phénomènes qu'ils déterminent. De tout temps, le rôle particulier des ferments a été connu ; le levain nécessaire à la fabrication du pain n'est autre chose qu'un ferment.

Les ferments sont tous constitués par des substances quaternaires, c'est-à-dire composés des quatre éléments organiques, oxygène, hydrogène, carbone et azote ; ce sont des matières d'origine animale ou végétale, susceptibles d'éprouver la décomposition spontanée qu'on nomme quelquefois *putréfaction*. Pour faire comprendre l'importance des ferments, il suffira de dire qu'ils interviennent non-seulement dans le phénomène de la mort ou de la décomposition des organismes vivants, mais encore dans tous les actes de la vitalité.

Dans le règne végétal, la germination peut être assimilée à un acte de fermentation. La graine renferme une matière azotée qui, dans des circonstances particulières d'humidité, de chaleur et d'affluence de l'air, agit sur les autres parties du germe : les fonctions végétales se distribuent et se régularisent par degrés, grâce

aux métamorphoses accomplies par le ferment, et la plante commence à vivre. Les phénomènes de maturation des fruits sont dus également à la présence d'un ferment. Enfin la transformation suprême du végétal, alors qu'il se détruit et que les organes sont usés, s'accomplit encore sous l'influence des matières fermentescibles. Dans le règne animal, la complication des phénomènes vitaux est plus grande; mais il n'est pas douteux que la putréfaction cadavérique, la digestion, la dissolution des aliments amy-lacés par la salive et les liquides intestinaux, l'action du suc du pancréas sur les corps gras, du suc gastrique sur les aliments azotés, enfin les redoutables métamorphoses opérées par les venins, les miasmes, les virus de toute espèce, ne soient en réalité des fermentations plus ou moins complexes. On ne saurait donc exagérer l'importance d'un phénomène qui embrasse tous les actes physiologiques, depuis la fécondation même des germes jusqu'au retour aux éléments primitifs ou à ce qu'on pourrait appeler la deuxième mort, en distinguant le moment où s'arrête le mouvement des organismes de cette période postérieure où les organismes eux-mêmes disparaissent, où tout ce qui compose le cadavre fait retour à la matière brute.

Je le dirai tout de suite : on peut considérer la fermentation comme un phénomène produit par l'action vitale, ou bien comme un simple phénomène chimique. M. Berthelot adopte ce second point de vue. « *Bannir la vie* de toutes les explications relatives à la chimie organique, écrit-il, tel est le but de nos études. C'est ainsi seulement que nous réussirons à constituer une science complète et subsistant par elle-même, c'est-à-dire telle qu'elle doit être pour concourir efficacement à l'intelligence des phénomènes physiologiques et à leur reproduction. Il est d'autant plus important de chercher à atteindre ces résultats, que les fermentations ont toujours été envisagées comme des phénomènes intermédiaires

entre les actions chimiques et les actions vitales. De l'aveu de tout le monde, elles représentent l'un des mécanismes fondamentaux auxquels on doit recourir dans l'interprétation des métamorphoses chimiques qui s'effectuent au sein des êtres organisés. Aussi paraît-il nécessaire de rendre la notion de ce mécanisme indépendante de la vie elle-même et de la concevoir d'une manière aussi abstraite que possible, en la déterminant d'une manière exclusive par ses caractères les plus généraux. »

Quelle est cette notion abstraite et générale dont parle M. Berthelot? De quelle manière concevoir les phénomènes de la fermentation sans les faire sortir du cercle habituel des phénomènes chimiques? C'est en les assimilant à ce que l'on nomme d'ordinaire les actions de *contact* ou de *présence*. Ces mots demandent une explication : la présence du platine très-divisé, nommé quelquefois noir de platine, provoque les effets d'oxydation les plus variés, détermine la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, même à la température ordinaire, celle de l'oxygène et de l'ammoniaque, la transformation de l'alcool et de l'éther en produits différents. Le platine n'agit pas chimiquement, en ce sens qu'il ne se combine avec aucun des corps qui entrent ainsi en jeu ; il sert seulement d'excitant passif aux affinités. Le platine ne jouit pas seul de telles propriétés : l'or, l'argent, beaucoup de métaux et de corps solides les partagent à un moindre degré. La pierre ponce accélère par sa présence la combinaison de certains gaz. M. Berthelot pense que ces phénomènes ne doivent pas être attribués à une condensation des gaz, et notamment de l'oxygène, dans les pores des substances dont je viens de parler ; car on peut comprimer un mélange d'oxygène et d'hydrogène jusqu'à 150 atmosphères sans en déterminer la combinaison, pourvu que la compression ne soit pas trop brusque. La chimie a constaté d'ailleurs une foule de cas où une substance agit par le fait seul de sa pré-

sence, non plus seulement en provoquant des combinaisons, mais en devenant l'agent d'une décomposition ; d'autres fois cette substance produit dans les corps avec lesquels elle se trouve en contact, au lieu d'une altération chimique, une simple modification dans la structure physique.

Comment peut-on rendre compte d'un phénomène aussi singulier ? M. Berthelot risque une explication, et pense que si les affinités du corps qui agit par sa présence n'entrent pas en jeu, les réactions auxquelles il sert de stimulant sont dues cependant à ces affinités. Seulement, au lieu de s'exercer immédiatement, elles demeurent à l'état *virtuel*. Cette virtualité seule serait, suivant lui, une force suffisante pour ébranler les équilibres atomiques des substances environnantes. Cette explication est presque aussi métaphysique que scientifique, et l'on a quelque peine à comprendre le rôle attribué à des affinités qu'on pourrait comparer à des acteurs qui demeurent derrière le rideau. Pour mieux l'expliquer, M. Berthelot a recours à de véritables finesses de langage : « Ce qui semble produire les actions mises en jeu par des corps aussi énergiques, c'est une certaine tendance à la combinaison, une sorte d'affinité prédisposante, développée sous leur influence, et qui dépend de quelque relation entre la fonction chimique des corps modificateurs et celle des corps modifiés. Cette relation paraît déterminer entre l'agent modificateur et la substance qui se modifie un véritable antagonisme d'affinités, d'où résultent les métamorphoses ou les réactions que la substance modifiée est susceptible d'éprouver. »

Si des actions de contact ou de présence nous passons aux fermentations véritables, l'explication de M. Berthelot demeure la même ; cette fois encore il n'est question que de *tendance à la combinaison*, d'*affinité prédisposante*. La force chimique seule intervient, à l'exclusion des forces vitales ; toutefois cette force,

au lieu d'agir avec la simplicité qui en marque l'action dans le règne minéral, se voile et devient plus difficile à saisir. Pour justifier cette assertion, comparons le phénomène de la germination dans les plantes à ceux que le chimiste peut reproduire dans son laboratoire; mettons en regard la série des métamorphoses naturelles et celle des métamorphoses artificielles. Qu'observons-nous d'une part? La graine renferme à la fois une matière amylacée, l'*amidon*, et un ferment azoté, la *diastase*. Sous l'influence de ce dernier, l'amidon se change en dextrine, substance isomère, qui a la même composition chimique; enfin la dextrine s'assimile les éléments de l'eau et devient de la glucose ou sucre de raisin. Voilà par quel mécanisme le sucre prend naissance dans les graines en germination. Or le chimiste reproduit dans ses appareils les phénomènes délicats qui s'opèrent dans les organes des plantes: il prend de l'amidon, le délaye dans l'eau et y ajoute de la diastase, qu'il a extraite de l'orge germée; il chauffe ce mélange à une température peu élevée, et bientôt l'amidon se dissout en dextrine, et celle-ci se change progressivement en glucose. Il n'est pas même besoin, pour opérer cette transformation, d'emprunter le ferment azoté à un végétal; on peut l'obtenir à l'aide d'un acide, qui, par le simple contact et sans s'unir à l'amidon, sans céder aucun de ses éléments, convertit l'amidon en dextrine et en glucose à la température de 100°.

Le chimiste imite donc exactement tout ce qui se passe dans les plantes en germination, dans le foie même des animaux, peut-on ajouter, car M. Claude Bernard a montré que cet organe est le siège d'une véritable saccharification; mais tous les phénomènes de fermentation ne sont pas aussi aisés à imiter. Ces effets dans la germination sont assez peu compliqués, puisqu'ils consistent en une simple isomérisation et dans une hydratation. Examinons les cas où les métamorphoses sont plus profondes, et prenons pour exemple

la fermentation alcoolique, c'est-à-dire la transformation d'une matière sucrée en alcool. Cette opération sert de base à la fabrication des liquides que presque tous les peuples emploient comme boisson. Le jus du raisin, celui de l'érable ou du palmier, la bière fabriquée avec l'orge germée, le cidre obtenu avec des pommes, l'hydromel, le lait aigri des Tartares, doivent leurs propriétés enivrantes à l'alcool, et cette substance s'y forme par la fermentation d'une matière sucrée.

Le phénomène de la fermentation alcoolique peut être observé très-nettement dans la réaction de la levûre de bière sur la glucose ou le sucre de raisin ordinaire. On dissout de la glucose dans l'eau, et on y ajoute environ un cinquantième de son poids de levûre de bière; la température est maintenue à 30° environ. Bientôt la glucose commence à se décomposer en alcool et en acide carbonique, qui se dégage en petites bulles. Le mouvement cesse quand tout le sucre a disparu, après un intervalle qui peut varier de vingt-quatre à trente-six heures. Quelles sont les propriétés du ferment dont l'action est si puissante? Observée au microscope, la levûre de bière paraît formée de petits globules un peu allongés, dont le diamètre varie entre un cinquantième et un centième de millimètre. Ces globules sont des cellules organisées, et sont constitués par une espèce de cryptogames; placés dans le liquide sucré, ils y excitent la fermentation, mais ils bourgeonnent en même temps et se multiplient. De nouveaux globules se posent à côté des premiers, et grossissent en formant des rameaux de plus en plus étendus.

La levûre est donc un être organisé : chimiquement, elle est constituée par le mélange d'un corps azoté albuminoïde et d'un principe identique à la matière ligneuse du bois; elle contient de plus des traces de phosphates et de matière grasse. La fermentation alcoolique est hâtée et rendue facile par l'addition directe de

la levûre de bière; mais elle s'opère aussi dans les liquides sucrés sous l'influence d'autres matières azotées, lorsque ces substances sont favorables à la production spontanée de la levûre et en contiennent les éléments. C'est ainsi que le jus sucré du raisin, clair au moment où on l'exprime, se trouble au contact de l'air et se convertit en alcool, tandis que les matières azotées contenues dans les enveloppes du grain donnent naissance à la levûre, qui se sépare sous forme de dépôt et de pellicule insoluble. Lorsqu'on ajoute à une dissolution sucrée des matières azotées analogues à l'albumine, certains phosphates et une trace impondérable de levûre, celle-ci se développe en empruntant ses matériaux aux substances environnantes; il n'est pas même nécessaire que ces dernières soient d'origine organique, il suffit qu'elles contiennent de l'azote : aussi le phénomène se produit encore, M. Pasteur l'a prouvé, lorsqu'on remplace les matières albuminoïdes par des sels ammoniacaux. Chose étrange, l'albumine d'œufs proprement dite est au contraire impropre à fournir les matériaux de la levûre.

La naissance et la multiplication de la levûre ont fourni des arguments aux partisans de la génération spontanée. Il paraît aujourd'hui démontré, surtout par les expériences de M. Pasteur, que ces phénomènes doivent être attribués au concours de l'atmosphère, dont les poussières sont mélangées des semences de cryptogames de même ordre que ceux de la levûre. En effet, la fermentation ne se développe pas dans les jus végétaux que l'on fait bouillir de façon à détruire tous les germes qu'y laisse tomber l'atmosphère. Le phénomène n'a pas lieu quand ces liquides sont contenus dans des vases où l'air ne peut pénétrer ou bien ne pénètre qu'après avoir été soumis à une température assez élevée pour annihiler les semences et les œufs. Enfin, en tamisant l'air dans un long tube rempli de coton qui retient toutes les particules solides, on arrive au même résultat négatif, et pour peu qu'on

place le coton, ainsi enrichi de semences, dans le jus fermentescible, les métamorphoses ordinaires commencent aussitôt. On est allé jusqu'à étudier, à l'aide du microscope, les spores capables de provoquer la fermentation et ceux qui ne la produisent pas. Ces ingénieuses expériences ont jeté une grande lumière sur les circonstances qui facilitent la fermentation.

Si les conditions du phénomène sont nettement connues, l'explication s'est longtemps fait attendre. Les derniers travaux de M. Pasteur ont montré d'une manière indubitable : 1° que chaque fermentation est caractérisée par la présence d'un ferment propre, lequel est toujours un être organisé; 2° que ces êtres opèrent la fermentation en soustrayant l'oxygène qui existe en combinaison dans les matières fermentescibles; 3° que la fermentation est liée d'une manière étroite au développement organique du ferment. M. Berthelot avait dans son livre repoussé cette manière de voir : pour lui, le cryptogame vivant n'agissait pas directement sur ce qui fermente, mais seulement par l'intermédiaire des ferments solubles qu'il a la propriété de sécréter, et ces ferments solubles déterminaient une action de contact ordinaire. L'être animé n'apparaissait que comme le récepteur, le véhicule de la substance chimique agissante. Cette théorie, fondée sur la sécrétion des ferments, ne peut plus être acceptée. Elle était inspirée par cette préoccupation qui se révèle dans tout l'ouvrage du savant chimiste, et qui consiste à rejeter les forces vitales en dehors du domaine de la science.

C'est cette tentative qui donne à l'œuvre de M. Berthelot un caractère d'unité vraiment philosophique. Les synthèses opérées systématiquement et avec tant de succès par le jeune chimiste dont j'ai analysé les travaux ont montré que l'abîme qu'on avait si longtemps laissé ouvert entre la chimie minérale et la chimie organique pouvait être comblé, que les éléments et les forces pu-

rement chimiques prêtent un secours suffisant pour construire une multitude de substances que nous rencontrons dans la nature organisée. Plus féconde même que la nature, qui se borne à un nombre de combinaisons restreint, la science peut les multiplier à l'infini. « La chimie crée son objet, dit avec raison M. Berthelot. Cette faculté créatrice, semblable à celle de l'art lui-même, la distingue essentiellement des sciences naturelles et historiques. Les dernières ont un objet donné d'avance, et indépendant de la volonté et de l'action du savant; les relations générales qu'elles peuvent entrevoir ou établir reposent sur des inductions plus ou moins vraisemblables, parfois même sur de simples conjectures dont il est impossible de poursuivre la réalisation au delà du domaine extérieur des phénomènes observés... Au contraire, les sciences expérimentales ont le pouvoir de réaliser leurs conjectures. Ce qu'elles ont rêvé, elles le réalisent en acte. Les types conçus par le savant, s'il ne s'est point trompé, sont les types mêmes des existences. Son objet n'est point idéal, mais réel... La chimie possède cette faculté créatrice à un degré plus éminent encore que les autres sciences, parce qu'elle pénètre plus profondément et atteint jusqu'aux éléments naturels des êtres. Non-seulement elle crée des phénomènes, mais elle a la puissance de refaire tout ce qu'elle a détruit; elle a même la puissance de former une multitude d'êtres artificiels, semblables aux êtres naturels, et participant de toutes les propriétés de ceux-ci. Ces êtres artificiels sont les images réalisées des lois abstraites dont elle poursuit la connaissance. » On le voit, si l'enthousiasme manque quelquefois aux savants, on ne fera point un tel reproche à M. Berthelot. Il a conçu de sa science une si haute idée, qu'elle devient pour lui plus grande que la nature elle-même, et comprend à la fois le monde véritable et un monde artificiel que l'homme peut évoquer à son gré.

Après avoir montré que l'édifice des combinaisons peut être construit à l'aide des seules forces chimiques, M. Berthelot s'attache encore à démontrer que le jeu de ces forces suffit à expliquer toutes les métamorphoses de la substance organisée : décompositions, germinations, nutrition des animaux, fermentations de tout genre, tout doit trouver son explication dans de simples réactions, qui font succéder un équilibre atomique à un autre équilibre atomique. La vie n'apparaît plus nulle part, on l'a bannie ; l'être vivant n'est plus qu'un alambic ; les affinités y opèrent avec la même énergie, de la même façon que dans le monde minéral ; l'acide y cherche la base, et les groupements s'y opèrent au gré des mêmes forces qui fixent le minéral sur la paroi d'un filon, ou qui précipitent certains sels au fond des eaux. La chimie organique ne se préoccupe, il est vrai, que de la composition des principes immédiats ; elle ne cherche pas à pénétrer les lois en vertu desquelles ces derniers s'associent et se combinent pour former l'être vivant, elle ne s'inquiète même pas de ce qui, dans l'organisme, imprime au principe immédiat une structure, une forme particulière. Arrivée à ce point, elle laisse à la physiologie le soin de pénétrer plus avant dans les mystères de l'organisation ; mais n'est-ce pas beaucoup déjà que d'avoir fourni la théorie à peu près complète des principes immédiats, puisque ceux-ci sont les matériaux nécessaires de la vie ?

Je crains que la doctrine que j'ai exposée, et qui, sous la plume de M. Berthelot, revêt la forme la plus arrêtée, ne paraisse à beaucoup d'esprits capable de fournir des arguments nouveaux à une philosophie matérialiste. L'idée de la vie n'est pas très-éloignée de l'idée de l'âme, et la philosophie chimique, qui tend à la rejeter comme inutile, peut sembler dangereuse à ceux qui ne séparent pas très-nettement la vie de la personnalité, de la sensibilité, de la spontanéité, attributs essentiels de l'être. Lorsqu'on

a fait voir que l'animal vivant n'est qu'un vase à réactions, que les forces chimiques et physiques s'y livrent un perpétuel combat en champ clos, lorsqu'on a montré que les phénomènes de la fécondation, ceux de la nutrition, la mort elle-même, ne sont que des fermentations ordinaires, on ne sait bientôt plus où chercher le siège de ces forces plus mystérieuses qui se nomment la volonté, le désir, l'instinct, et, quand on arrive à l'homme, la conscience. Ne serions-nous en effet que des laboratoires, des microcosmes chimiques et physiques, où la matière essaye ses combinaisons les plus délicates, mais aussi les plus transitoires? L'âme, la volonté, la vie elle-même, ne seraient-elles que des mots sans réalité que nous plaçons derrière les phénomènes dont l'explication rigoureuse nous échappe? Aux savants qui le prétendent, on pourrait appliquer dans un sens nouveau le mot célèbre : *Omnia serviliter pro dominatione*. C'est pour assurer la suprématie de la science, pour l'arracher au joug de la philosophie, de l'idéologie, qu'ils consentent à faire de l'homme l'esclave docile, le jouet misérable des forces qui meuvent et transforment le monde inorganique. Ils abaissent une à une toutes les barrières que notre orgueil a placées entre nous et le reste de l'univers; ils nous montrent l'abîme inorganique en disant : « Vous êtes sortis de là, et vous y rentrerez tout entiers. » Je connais, pour l'avoir observée de près, cette sorte d'ivresse qui entraîne certains esprits. Profondément amoureux du vrai, ils sentent le besoin de briser toutes les idoles qu'ils croient fausses, de passer le fer du raisonnement à travers toutes les doctrines convenues, les croyances hypothétiques, même au risque de voir leurs propres espérances tomber dans le gouffre qu'ils ont ouvert.

Tout mal porte en lui-même son remède. La science peut se laisser entraîner à des doutes, à des négations qui nous épouvantent; mais elle a également ses propres mystères, que l'œil humain

ne peut sonder. Elle se contente aussi de mots toutes les fois qu'il est impossible de pénétrer l'essence même des phénomènes. De quoi parle sans cesse la chimie? D'affinité : n'est-ce pas là une force hypothétique, une entité aussi peu tangible que la vie ou que l'âme? La chimie renvoie à la physiologie l'idée de la vie, et refuse de s'en occuper; mais l'idée autour de laquelle la chimie se déroule a-t-elle quelque chose de plus *réel*?

Cette idée est souvent insaisissable non-seulement dans son essence, mais encore dans ses effets. Peut-on méditer, par exemple, un instant sur les lois connues sous le nom de *lois de Berthollet* sans comprendre qu'on est en face d'un mystère impénétrable? Dans les expériences qui ont servi à les fonder, les réactions chimiques sont ramenées à des conditions purement statiques et indépendantes des affinités proprement dites; mais dans le simple phénomène d'une combinaison, dans cet entraînement qui précipite l'un vers l'autre des atomes qui se cherchent, se joignent en échappant aux composés qui les emprisonnaient, n'y a-t-il pas de quoi confondre l'esprit? Pour moi, je pense que plus on étudie les sciences dans leur métaphysique, plus on peut se convaincre que celle-ci n'a rien d'inconciliable avec la philosophie la plus idéaliste : les sciences analysent des rapports, elles prennent des mesures, elles découvrent les lois qui règlent le monde phénoménal; mais il n'y a aucun phénomène, si humble qu'il soit, qui ne les place en face de deux idées sur lesquelles la méthode expérimentale n'a aucune prise : en premier lieu, l'*essence* de la substance modifiée par les phénomènes; en second lieu, la *force* qui provoque ces modifications. Nous ne connaissons, nous ne voyons que des dehors, des apparences; la vraie réalité, la réalité substantielle et la cause nous échappent. Il est digne d'une philosophie élevée de considérer toutes les forces particulières dont les effets sont analysés par les sciences diverses comme issues d'une force première,

éternelle, nécessaire, source de tout mouvement, centre de toute action. En se plaçant à ce point de vue, les phénomènes, les êtres eux-mêmes ne sont plus que des formes changeantes d'une idée divine. La philosophie ne peut plus séparer l'être en deux parts, l'une composée de la substance divine, l'autre de la substance matérielle; la première douée d'intelligence, de volonté, la seconde livrée au conflit de forces brutales et dérégées. Nous ne saurions étudier le coin le plus isolé du monde matériel sans y trouver la marque d'une action divine, de même que nous ne pouvons pas contempler sans cesse l'idée souveraine à l'état de pure virtualité, en négligeant ce monde infini de phénomènes et d'existences qui en est la réalisation mobile et en atteste l'éternelle fécondité. Arrivée à une certaine hauteur, la science se confond avec la métaphysique elle-même, car si la première nous fait voir que les phénomènes ne sont que des idées réalisées, la seconde nous montre que la réalité véritable des faits ne gît que dans l'absolu de la pensée divine.



# LE SOLEIL

D'APRÈS

**LES DÉCOUVERTES RÉCENTES DE MM. KIRCHHOFF ET BUNSEN.**



# LE SOLEIL

D'APRÈS

LES DÉCOUVERTES RÉCENTES DE MM. KIRCHHOFF ET BUNSEN.

---

La science vient de franchir une de ces distances que la cosmogonie la plus audacieuse ou la plus libre fantaisie ose à peine traverser. L'astronomie avait pesé et mesuré le soleil ; la chimie, aidée de la physique, en fait aujourd'hui l'analyse ; elle vient nous dire : « L'atmosphère solaire renferme à l'état de vapeur un grand nombre des substances qui composent notre planète, le fer, les métaux qui entrent dans la composition de nos alcalis et de nos terres, le potassium, le sodium, le strontium, le calcium, le baryum ; elle contient du chrome, du nickel, du cuivre, du zinc ; il ne s'y trouve, en revanche, ni or, ni argent, ni mercure, ni aluminium, ni étain, ni plomb, ni antimoine, ni arsenic, ni silicium, au moins en quantité notable. » Parmi les métaux telluriques, j'ajoute le *cæsium* et le *rubidium*, hier encore inconnus, métaux qui avaient échappé à tous les procédés d'analyse chimique ordinaire. Ces affirmations de la science ont quelque chose de si surprenant, qu'on serait tenté d'abord de les reléguer sans examen parmi les rêveries d'un Swift, de moraliste devenu chimiste, ou les imaginations d'un nouveau Micromégas ; mais les travaux de MM. Kirchhoff et Bunsen ne contiennent pas la moindre trace de merveilleux. Ce ne sont point des romans plus ou moins ingénieux où l'on discute sur la pluralité des mondes habitables, où l'on mêle sans façon les hypothèses aux faits, les mystères cosmiques aux réalités du monde sublunaire. Les décou-

vertes des deux savants allemands sont fondées sur les observations les plus rigoureuses, et méritent d'être rangées parmi les plus belles conquêtes des sciences positives. Leur méthode, en même temps qu'elle a donné un moyen d'explorer en quelque sorte le soleil à distance, a fourni à l'analyse chimique un procédé d'investigation d'une délicatesse inouïe, presque miraculeuse. On peut hardiment affirmer que, par cette méthode, la minéralogie pourra être rajeunie et renouvelée, que la chimie agrandira son empire et abordera des problèmes autrefois insolubles. En attendant, le résultat capital de ces belles études, celui qui intéresse le plus la philosophie de la nature, est déjà obtenu : l'identité entre les matériaux qui composent le soleil et la terre est démontrée. L'unité chimique de notre système planétaire est mise hors de contestation.

Ce n'est pas là une découverte indifférente : l'homme a pris longtemps pour le centre du monde le petit globe excentrique qui l'emporte, il a cru qu'entre lui-même et la nature minérale ou organique il n'y avait aucun lien, aucun rapport. Nous savons aujourd'hui que matériellement nous ne différons en rien de tout ce qui nous entoure; nous sommes des laboratoires vivants où passent toutes les substances terrestres. On nous démontre présentement que ces substances terrestres remplissent tout notre système planétaire : nous étions déjà unis à l'animal, à la plante, à l'eau, à la poussière, à l'infiniment petit; nous le sommes maintenant au soleil, à l'infiniment grand.

Les alchimistes avaient instinctivement soupçonné l'unité de composition chimique du système planétaire; du moins ils avaient, en vertu de certaines idées mystiques, établi des rapports entre les divers métaux et les corps qui circulent autour du soleil; ils n'oublièrent jamais les astres en recherchant le *grand problème* de la transmutation des métaux. Il faut être indulgent pour ces

aberrations de l'esprit humain, car la vérité elle-même a parfois quelque chose de si étrange, de si magique, qu'elle jette la pensée dans le doute et le rêve. Il faudrait avoir l'imagination bien appauvrie pour assister avec indifférence aux expériences de MM. Kirchhoff et Bunsen. La matière du soleil analysée dans la lumière qu'il nous envoie ! ce qu'il y a de plus subtil, de plus insaisissable, devenu l'objet des mesures les plus précises ! N'y a-t-il pas de quoi provoquer l'étonnement et l'admiration ? Dans sa chambre obscure, le physicien laisse entrer un rayon solaire ; là, tranquillement, à son aise, il compare des flammes artificielles à cette flamme qui inonde l'univers, qui verse la vie, la chaleur à des distances que notre pensée ne peut apprécier, et de cette comparaison il arrive à déduire une théorie complète sur la constitution physique et chimique du soleil, sur les phénomènes grandioses dont cet astre est le théâtre, sur les taches que les astronomes y découvrent !

Les travaux récents de MM. Kirchhoff et Bunsen sont fondés sur l'analyse de la lumière solaire. Analyser, c'est décomposer : mais on ne peut décomposer que ce qui n'est pas simple. La lumière solaire n'est pas en effet une lumière simple ; un rayon, si mince que vous le supposiez, traversant le trou d'une aiguille ou quelque orifice infiniment plus étroit, n'est pas homogène ; il est composé d'une infinité de rayons diversement colorés, mais qui, réunis en faisceau, composent ce que nous appelons la lumière blanche. Il n'y a qu'à jeter les yeux autour de soi pour comprendre que la lumière du soleil renferme toutes les couleurs : le monde varié qui nous entoure n'est pas un dessin, c'est un tableau. Si la lumière solaire était simple, tous les objets nous apparaîtraient avec de simples oppositions d'ombre et de clarté, comme des photographies : le plus grand charme de la nature serait détruit. La couleur n'appartient pas aux objets, car, le soleil disparu sous

l'horizon, toutes les nuances s'évanouissent dans les mêmes ténèbres.

N'est-il pas un moyen de décomposer ce rayon de lumière que j'imaginai tout à l'heure traversant un trou d'aiguille, de manière à séparer les rayons colorés qui le composent? Rien n'est plus facile : il suffit de le faire entrer dans un prisme de verre où les rayons divers se brisent inégalement. Ce phénomène de la réfraction, qui se produit toutes les fois que les rayons lumineux passent d'une substance dans une autre, explique tous les jeux de lumière qui se produisent dans l'eau, dans l'atmosphère, dans tous les milieux transparents. C'est à Newton qu'on en doit la première explication scientifique.

Qu'on se place dans une chambre tout à fait obscure, où le jour n'entre que par une fente très-mince ouverte dans un volet, — qu'un prisme de verre se trouve sur le chemin de la nappe lumineuse qui pénètre par cette fente, — et qu'on dispose, à la distance de quelques pieds, une feuille de papier vis-à-vis du prisme. Les divers rayons qui composent la lumière blanche ne se réfractent pas de la même façon en passant de l'air dans le verre, puis en quittant le verre pour traverser l'air de nouveau : par conséquent, au lieu d'une ligne lumineuse blanche, on verra sur le papier un rectangle couvert de bandes diversement colorées. Newton y distinguait les sept couleurs principales suivantes : *violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge* ; en réalité, les nuances passent des unes aux autres par une insensible et harmonieuse transition. On a donné à cet épanouissement d'un plan lumineux le nom de *spectre solaire*, expression peu juste, car l'idée d'un spectre ne s'accommode pas bien avec celle d'un éventail de lumière dont la plus riche palette ne saurait reproduire tous les tons. Les bandes colorées de l'arc-en-ciel ne sont qu'un spectre solaire pâle et très-affaibli, produit par la réfraction des rayons

dans les gouttelettes de pluie, et les jeux de lumière qu'on admire dans les bulles de savon rappellent mieux l'éclat du spectre obtenu dans la chambre obscure.

Tant qu'on s'est contenté de recevoir un faisceau lumineux sur un prisme, d'en regarder les rayons brisés sur une feuille de papier, une étoffe blanche ou un mur, on n'a vu dans le spectre que les sept couleurs élémentaires, sans y faire d'autres découvertes ; mais le spectre, comme tout objet lumineux, peut être étudié avec des instruments optiques grossissants, et c'est en l'explorant de cette façon que vers 1814 le savant allemand Fraunhofer a observé des singularités dont la découverte immortalisera son nom. Le spectre, on l'a vu, est formé d'une infinité de bandes lumineuses accolées, de nuances différentes : c'est une sorte de drapeau, non pas tricolore, mais omnicolore ; parmi toutes ces zones colorées parallèles, Fraunhofer a le premier aperçu des bandes ou plutôt des lignes noires, non-seulement vers les deux extrémités du spectre où la lumière se fond avec l'obscurité, mais dans les parties les plus brillantes et dans toutes les couleurs. Il a reconnu que ces lignes ont des places invariables dans le spectre, et depuis cette époque elles ont conservé les noms alphabétiques qu'il leur assigna : on dit encore aujourd'hui la ligne A, B ou C de Fraunhofer, et en parlant ainsi les physiciens savent tout de suite dans quelle partie du spectre se trouvent ces raies.

Avec des instruments plus délicats et des prismes plus parfaits, on a trouvé dans le spectre beaucoup plus de lignes obscures que Fraunhofer n'en avait signalé. En 1860, le physicien anglais sir David Brewster, auquel l'optique doit de si heureuses découvertes, a donné un dessin du spectre sillonné d'une multitude de ces raies, et, dans les études qu'il vient d'achever, M. Kirchhoff a employé des appareils si délicats, qu'il a vu, — c'est son expression, — plusieurs *milliers* de raies obscures dans le spectre solaire.

Un phénomène reconnu, la raison doit l'interpréter. Comment comprendre que la lumière renferme des parties obscures, et que, le rayon blanc s'épanouissant en gerbe irisée, il y ait des lacunes dans la série des rayons colorés? Chacun de ces rayons a un pouvoir de réfraction qui lui est propre, et c'est en vertu même de cette diversité des pouvoirs réfringents que la lumière blanche se décompose dans le prisme; mais pourquoi les rayons d'une certaine réfrangibilité font-ils défaut, tandis que ceux dont la réfrangibilité ne diffère que d'une quantité infiniment petite en plus ou en moins se manifestent? La lumière que nous nommons blanche ne serait donc pas la lumière *complète*, si l'on pouvait parler ainsi? Elle aurait perdu quelque chose en venant de son foyer à notre œil, soit dans le soleil même, soit dans l'atmosphère terrestre? Il est certain que la lumière perd quelques-uns de ses rayons en traversant l'enveloppe aérienne de notre planète. Sir David Brewster l'a fait remarquer le premier: il a montré que de nouvelles raies noires apparaissent dans le spectre solaire lorsque le soleil approche de l'horizon, parce que les rayons lumineux font plus de chemin dans l'atmosphère avant d'arriver jusqu'à nous. Toutefois ces raies obscures dues au mouvement du soleil doivent être distinguées soigneusement des raies invariables, normales, qui se montrent toujours, quelle que soit la hauteur du soleil dans le ciel. Si les premières s'expliquent par l'absorption atmosphérique, les secondes ne peuvent être dues qu'à une absorption qui s'opère dans le soleil lui-même.

L'explication des raies obscures par une absorption de rayons dans l'atmosphère solaire a été proposée en 1847 par M. A. Mathiessen dans une communication faite à l'Académie des Sciences de Paris. En 1860, MM. Brewster et Gladstone l'ont également adoptée, en présentant un moyen de vérifier cette hypothèse. D'après les deux physiciens anglais, si les raies sont dues à la puis-

sance absorbante de l'atmosphère solaire, qui arrêterait certains rayons lumineux de préférence à d'autres, le spectre devrait être d'autant plus sillonné de bandes obscures qu'il est produit par des rayons lumineux plus rapprochés du bord du disque solaire. C'est admettre que les rayons venus du bord traversent l'atmosphère solaire sur une plus grande longueur que ceux qui émanent du centre. M. Kirchhoff fait observer avec beaucoup de raison qu'il en faudrait ainsi juger, si l'atmosphère du soleil était très-mince comparativement au diamètre de cet astre; mais tout permet de croire qu'elle a au contraire une immense épaisseur, et dans ce cas il peut se faire que deux rayons, partis l'un du bord, l'autre du centre du disque lumineux, y parcourent des chemins à peu près égaux avant d'arriver jusqu'à notre œil. Il ne faut donc point s'attendre à noter de grandes différences entre le spectre obtenu par l'un ou par l'autre de ces rayons. Au reste, l'idée émise par M. Brewster n'a jamais été vérifiée expérimentalement.

Le phénomène des raies restait donc inexpliqué. On n'en eût jamais sans doute pénétré les mystérieuses raisons, si les physiiciens n'avaient songé à étudier d'autres spectres que celui de la lumière solaire. Toute flamme peut servir à ce but. On a examiné le spectre de toutes les flammes artificielles, de l'étincelle électrique, de l'arc lumineux produit par un courant entre deux pointes de charbon, celui même des étoiles les plus brillantes. Les physiiciens pouvaient varier à l'infini la nature des flammes artificielles; rien n'est plus facile que de mettre des substances diverses en suspension dans une flamme, de les y maintenir directement au bout d'un fil de platine, ou de les mêler d'avance à des liquides qui entretiennent la combustion. L'étude des flammes artificielles a révélé un phénomène au moins aussi extraordinaire que celui des raies obscures du spectre. Lorsque certaines substances sont en ignition dans la flamme, le spectre est traversé par des bandes colorées,

d'un éclat exceptionnel, qui ressortent vivement sur le fond général des couleurs ordinaires. Cette circonstance n'avait pas échappé à Fraunhofer, qui avait vu avec étonnement des raies brillantes se dessiner dans le spectre de la flamme d'une bougie. Divers physiciens, Brewster, Miller, Schwann, soumirent à l'analyse certaines flammes obtenues en brûlant de l'alcool qui contenait des sels divers en dissolution, et ils purent observer les raies brillantes des spectres artificiels avec une plus grande netteté. On apprit ainsi que toute flamme contenant du sodium fournit un spectre où se dessine une raie jaune d'un éclat extraordinaire. Schwann observa même qu'il suffisait de mêler une très-petite quantité de sel marin, ou chlorure de sodium, au liquide combustible, pour que le spectre en révélât la présence par l'apparition de la raie jaune.

Il y avait dans cette découverte le germe d'une nouvelle méthode d'analyse chimique. A chaque métal correspondent en effet des raies brillantes de couleurs spéciales et d'une position invariable dans le spectre. Un chimiste peut apprendre à distinguer ces raies aussi aisément qu'il reconnaît les précipités obtenus dans les laboratoires par les réactifs ordinaires; mais de la sorte la lumière fournit un réactif bien autrement délicat et parfait que tout ce que la chimie connaissait jusqu'ici. Arago, à qui l'optique est redevable de si grands progrès, avait prédit qu'elle apporterait un jour à la chimie des secours inespérés. Un rayon de lumière provenant d'une flamme décèle par ses propriétés physiques l'essence intime du foyer dont il émane. Je vais en citer un exemple, emprunté à M. Kirchhoff, qui a vraiment de quoi surprendre l'esprit. « L'expérience suivante, écrit le savant physicien, montre bien que jusqu'à présent la chimie ne peut, même de loin, mettre aucune réaction en parallèle avec celle du spectre quant à la sensibilité. Nous avons fait détoner 3 milligrammes de chlorate de soude dans l'endroit de la salle le plus éloigné possible de l'appar-

reil, tandis que nous observions le spectre de la flamme peu éclairante d'une lampe à gaz ; la pièce dans laquelle s'est faite l'expérience mesure environ 60 mètres cubes. Après quelques minutes, la flamme, se colorant en jaune fauve, présenta avec une grande intensité la raie caractéristique du sodium, et cette raie ne s'effaça complètement qu'après dix minutes. D'après la capacité de la salle et le poids du sel employé pour l'expérience, on trouve facilement que l'air de la salle ne contenait en suspension qu'un vingt-millionième de son poids de sodium. En admettant qu'une seconde suffise pour observer très-commodément la réaction, et que pendant ce temps la flamme emploie 50 centimètres cubes ou  $0^r,0647$  d'air ne contenant qu'un vingt-millionième de milligramme de sel de soude, on peut calculer que l'œil perçoit très-distinctement la présence de moins d'un trois-millionième de milligramme de sel de soude. En présence d'une pareille sensibilité, on comprendra qu'il soit rare que l'air atmosphérique, porté à une haute température, ne présente pas la réaction du sodium. La surface de la terre est plus qu'aux deux tiers couverte d'une solution de chlorure de sodium, qui, par le choc des vagues, produit continuellement de la poussière d'eau ; les gouttelettes d'eau de mer répandues ainsi dans l'atmosphère abandonnent par l'évaporation une poussière très-ténue de chlorure de sodium, qui constitue un élément atmosphérique variable quant à la proportion, mais qui paraît rarement faire défaut dans l'air. »

Rien n'est plus facile que de faire apparaître la raie jaune du sodium dans un spectre obtenu avec la flamme peu brillante d'une lampe à gaz ordinaire. Pendant que j'avais l'œil à la lunette par où je regardais le spectre très-affaibli d'une telle lampe, M. Grandeau, le chimiste qui répéta obligeamment pour moi au laboratoire de l'École Normale les expériences de MM. Bunsen et Kirchhoff, frappa plusieurs fois de la main sur la manche de son habit, et je

vis la raie jaune du sodium se dessiner, comme un éclair fugitif, sur le champ presque obscur de la lunette. Le choc d'une main sur un habit avait suffi pour faire arriver dans le gaz en combustion quelques molécules de sodium mêlées à la poussière, et ces rares molécules avaient immédiatement exercé leur influence presque magique sur les propriétés de la lumière! M. Grandeau, au moment où il m'initia aux expériences des deux savants allemands qui l'avaient eux-mêmes, à Heidelberg, rendu témoin de leurs merveilleuses recherches, était occupé à analyser l'eau minérale de Bourbonne-les-Bains, et venait d'y trouver les deux nouveaux métaux que MM. Kirchhoff et Bunsen avaient découverts dans l'eau de Dürckheim. Il prit quelques gouttes de l'eau de Bourbonne, les porta dans la flamme, où elles se vaporisèrent en un moment, et j'eus très-bien le temps d'apercevoir sur le champ du spectre les raies qui caractérisent les nouveaux métaux, le *rubidium* et le *cæsium*, la raie rouge du premier, la raie bleue du second.

C'est en effet à la seule inspection des divers spectres qu'ils obtenaient en portant diverses substances dans une flamme que MM. Bunsen et Kirchhoff ont été amenés à découvrir deux nouveaux corps simples. Familiarisés avec les raies brillantes caractéristiques de tous les métaux connus, ils ont été en droit d'attribuer à des métaux nouveaux des raies brillantes, qui ne correspondaient ni au fer, ni au sodium, ni à la lithine, ni au potassium, etc. Guidés par cette induction, ils ont pu rechercher directement ces métaux dans les substances qui provoquaient dans le spectre l'apparition de ces raies nouvelles. C'est ainsi qu'ils ont extrait le *cæsium* de l'eau minérale de Dürckheim, et le *rubidium* d'un minéral de Roxena, en Moravie, nommé *lépidolithe* par les minéralogistes. Ces deux métaux sont très-alkalins, et prennent place dans la série chimique à côté du potassium et du sodium, dont ils partagent les principales propriétés.

L'analyse optique, en raison de son extrême délicatesse, permet de reconnaître les moindres traces des métaux qui jouissent de la propriété de communiquer à certaines zones du spectre une vive coloration. En voici un exemple assez saisissant : en portant des cendres de cigare un peu humectées d'acide chlorhydrique dans la flamme qui fournit le spectre, on voit apparaître la raie jaune du sodium, la raie rouge pâle du potassium, la raie rouge et très-intense du lithium, une raie orangée très-intense et une raie verte, correspondant toutes deux au calcium ; en un instant, on a donc constaté la présence de cinq métaux. Par le même moyen, on découvre dans les eaux minérales, surtout lorsqu'on expérimente sur des eaux mères, les moindres traces des nombreux métaux qui leur communiquent des propriétés médicinales exceptionnelles. Les métaux ne sont pas caractérisés en général par une seule raie ; cela n'existe que pour le sodium, dont la raie jaune se distingue par des contours très-vifs et un éclat tout particulier. Il est vrai qu'on ne peut guère porter une substance quelconque dans la flamme sans que cette ligne apparaisse, même quand cette substance ne contient pas de sodium ; il suffit que le corps ait subi l'action de l'air pendant quelque temps pour donner la réaction du sodium quand on le présente à la flamme. On a vu que la poussière détachée des habits à quelques pas de l'appareil suffit à produire cet effet ; le fil de platine avec lequel on suspend beaucoup de substances dans la flamme décèle aussi la présence du sodium quand il est resté quelque temps exposé à l'air.

Après la réaction du sodium, la plus sensible et la plus nette est celle du lithium : ce métal donne naissance à deux raies très-tranchées, l'une d'un jaune très-faible, l'autre rouge et brillante. Cette réaction est d'une délicatesse presque aussi grande que celle même de la soude. MM. Bunsen et Kirchhoff ont vu paraître la raie rouge après avoir fait détoner loin de leur appareil 9 milligrammes de

carbonate de lithine ; ils calculent que leur œil a pu saisir ainsi la présence de 9 millièmes de carbonate de lithine dans l'air. Ils ont découvert la lithine en une foule de substances où l'on n'en soupçonnait pas la présence, dans l'eau de mer, dans les fucus charriés par le *gulf stream* sur les côtes d'Écosse, dans des granites, des eaux minérales, dans les cendres des bois croissant sur les terrains granitiques, dans les cendres de tabac, dans celles des feuilles et sarments de vigne, dans les cendres de céréales croissant sur un terrain granitique, etc. On reconnaît le potassium à deux raies, l'une située dans le rouge, l'autre dans le violet aux deux extrémités du spectre, et à une troisième, intermédiaire, beaucoup plus faible. L'éloignement des deux raies principales, placées aux deux bouts du spectre visible, rend cette réaction peu sensible ; l'œil ne peut distinguer qu'un millième environ de milligramme de chlorate de potasse dans une flamme.

Les métaux alcalins ont des spectres plus simples que les métaux qui entrent dans la composition des terres alcalines : le strontium a huit raies remarquables, six rouges, une orangée et une bleue, et l'œil peut, à l'aide du spectre, percevoir jusqu'à 6 millièmes de milligramme de ce métal dans l'air. Le calcium, métal qui se combine à l'oxygène pour former la chaux, donne trois raies, verte, rouge et bleue, qui n'apparaissent que dans les flammes intenses. Le baryum, métal de la baryte, se distingue par deux raies vertes. Le fer, qui donne des raies très-nombreuses, le manganèse, le zinc, le cuivre, l'or, tous les métaux en un mot, ont été essayés par MM. Bunsen et Kirchhoff, et ils ont soigneusement étudié les raies que chacun d'eux fait apparaître dans le spectre. Ces zones brillantes restent invariables, quelle que soit la composition du sel où le métal se trouve engagé ; elles sont encore les mêmes quand le métal se trouve volatilisé directement dans la flamme, lorsqu'on fait passer un fort courant électrique entre deux

pointes métalliques placées à quelque distance l'une de l'autre. Les propriétés optiques que nous venons de signaler sont donc les attributs des corps simples eux-mêmes, et elles peuvent s'observer toutes les fois que ceux-ci sont portés à une haute température.

Cette curieuse étude des lignes brillantes des spectres artificiels se rattache par le lien le plus intime à l'explication des raies obscures du spectre solaire. Ce lien n'est pourtant pas facile à saisir au premier abord, et il a même pu échapper à un ingénieux physicien, M. Foucault. Dès 1849, M. Foucault annonçait qu'il avait observé le fait suivant : lorsqu'on regarde sur un spectre la raie jaune du sodium, de brillante elle devient obscure dès qu'on illumine vivement la source de lumière artificielle où le sodium est en suspension. M. Foucault examinait alors l'arc voltaïque qui unit deux pointes de charbon, et il voyait se produire dans le spectre une raie brillante jaune, due à la présence d'un composé du sodium réduit en vapeur incandescente par l'action du courant : or, lorsque l'arc lumineux voltaïque était traversé par les rayons de la lumière solaire, cette raie devenait obscure.

Cette observation étrange ne fut ni expliquée, ni généralisée par le physicien français. M. Kirchhoff l'ignorait quand il commença en 1859, avec M. Bunsen, la série de ses fécondes expériences. Il montra que la raie brillante du sodium occupe dans la série des couleurs élémentaires la place qui, dans le spectre solaire ordinaire, est remplie par la raie noire, que Frauenhofer nommait la raie D. Pour emprunter ses propres expressions, la raie D n'est que la raie brillante du sodium *renversée* (on ferait sans doute mieux de dire éteinte). Mais comment éteindre cette raie dans une flamme qui tient du sodium en suspension ? On a vu que c'est en faisant arriver dans cette flamme les rayons d'une flamme plus ardente. Qu'on regarde le spectre d'une flamme sodique, on y apercevra d'abord la raie jaune caractéristique ; qu'on laisse ensuite

pénétrer la lumière solaire avec une intensité croissante dans cette flamme, et la raie jaune pâlera par degrés, et enfin elle deviendra sombre quand le spectre produit par le soleil aura dominé celui de la flamme artificielle. Ce qui est vrai du sodium l'est de tous les métaux. M. Kirchhoff a converti la ligne rouge de la lithine en ligne obscure de la même façon que la ligne jaune du sodium; les autres métaux présentent aussi, quoique avec moins de netteté, le phénomène du renversement. Que prouvent ces phénomènes? C'est que, de tous les rayons de lumière naturelle qui traversent la flamme artificielle, celle-ci retient, absorbe en plus grande abondance les rayons qu'elle émet en plus grande quantité quand elle brille toute seule; elle prend ce qu'elle donne, ou, pour parler plus savamment, elle a un pouvoir absorbant correspondant à son pouvoir émissif.

Qu'on se représente d'après cela le noyau solaire, foyer d'une incessante et ardente lumière, et autour du soleil une atmosphère. Cette enveloppe, qui se trouve à une température moins élevée que le noyau central, retiendra de préférence les rayons pareils à ceux qu'elle émettrait en plus grand nombre, si, en supposant le globe du soleil enlevé, l'atmosphère restait comme seul foyer de lumière et de chaleur. L'atmosphère joue ici le rôle que remplit la flamme pâle et artificielle dans les expériences de M. Bunsen, et le globe solaire celui de la flamme plus vive qui *renverse* les raies brillantes de la flamme artificielle. L'atmosphère solaire, isolée de ce qu'elle renferme, fournirait un spectre, sillonné de raies brillantes, correspondant à toutes les substances qui s'y trouvent en ignition. Le foyer intense du soleil renverse, éteint toutes ces raies, et en place de ce spectre imaginaire à fond obscur, couvert de lignes colorées, il donne un spectre à fond brillant, couvert de lignes obscures. Le spectre du soleil est en quelque sorte l'épreuve négative du spectre de son atmosphère : nous trouvons une raie

obscur à la place qui revient à la ligne brillante du sodium; nous pouvons donc affirmer que cette ligne brillante se trouverait dans le spectre de l'atmosphère solaire, ou, en d'autres termes, que le sodium se trouve en ignition dans cette enveloppe.

Le soleil renverse toutes les raies brillantes que fournirait sa propre enveloppe, ou, en d'autres termes, chacune des raies obscures du spectre révèle *négativement* la présence d'un corps simple particulier dans l'atmosphère de l'astre central. Or on compte aujourd'hui des milliers de raies obscures dans le spectre. Combien le corps qui nous envoie la chaleur et la lumière ne doit-il donc pas être riche en corps simples! Beaucoup de ces raies occupent la place qui correspond à des métaux terrestres connus; nous pouvons dire sans hésiter : la raie D appartient au sodium, une autre à la lithine; voilà soixante lignes noires qui toutes coïncident avec des raies brillantes du fer : voici les raies du calcium, du magnésium, du sodium, métaux qui sont si répandus à la surface de la terre : les groupes brillants du chrome se retrouvent, comme raies noires, dans le spectre solaire. Il était fort intéressant d'y rechercher le nickel et le cobalt, qui accompagnent presque constamment le fer dans les météorites. Ces deux métaux produisent un nombre très-considérable de raies colorées, moins brillantes que celles du fer. Toutes les lignes les plus vives du nickel se retrouvent renversées, c'est-à-dire noires, dans le spectre de la lumière solaire; on y voit aussi quelques-unes des raies du cobalt; mais, chose étrange! ce ne sont pas les plus brillantes. Le baryum, le cuivre, le zinc, paraissent se trouver en petite quantité dans l'atmosphère solaire; en revanche; on n'a pu découvrir aucune trace bien nette de l'or, de l'argent, du mercure, de l'aluminium et du silicium, si abondant parmi les métaux telluriques, du cadmium, de l'étain, du plomb, de l'antimoine, de l'arsenic, de la strontiane, du lithium.

Les découvertes de MM. Bunsen et Kirchhoff ne permettent plus de douter que le soleil n'ait une atmosphère d'une température moins basse que celle du noyau lumineux proprement dit, et qui tienne en suspension la plupart des corps simples que nous retrouvons sur notre planète. Cette grande conception s'accorde bien avec l'hypothèse de Laplace, qui attribuait la formation de tout notre système planétaire au refroidissement graduel d'une nébuleuse unique, où la matière cosmique actuellement condensée dans le soleil, les planètes et les satellites, était primitivement répandue dans l'espace entier qu'occupe notre tourbillon. Les plus petits corps se refroidissent naturellement le plus vite; la lune est gelée, sans atmosphère, sans eau, sans vie organique; sous le télescope, elle a quelque chose de morne et d'effrayant. La terre s'est refroidie moins promptement que son satellite, mais bien plus rapidement que le soleil, dont la brûlante atmosphère contient encore les nombreuses substances qui, sur notre planète, sont depuis longtemps condensées et fixées dans les roches solides. Notre atmosphère appauvrie ne contient plus que les éléments nécessaires à l'entretien de la vie organique, l'oxygène, l'azote, le carbone, l'eau, et notre esprit peut difficilement s'accoutumer à l'idée d'une atmosphère chargée de fer, de métaux alcalins, des corps les plus divers en combustion. Il faudrait la plume de Dante pour peindre cette nature à l'état de chaos, cette pluie de métaux en feu, ces nuages lumineux devenant obscurs par le contraste d'une lumière plus ardente, cet océan incandescent du soleil, avec ses tempêtes, ses courants, ses trombes ruisselantes et gigantesques : de tels tableaux mettent au défi les imaginations les plus amoureuses du fantastique et de l'étrange, et nos rêves s'évaporent comme une goutte d'eau devant cette brûlante lave, ce foyer, splendeur du monde, source de toute chaleur, de tout mouvement, de toute vie.

En telle matière, rien n'est plus éloquent que le langage précis

de la science ; il tire sa force de son humilité même. Si des vapeurs métalliques entourent le soleil sous forme d'atmosphère, on comprend qu'elles puissent se condenser en nuages, comme la vapeur d'eau dans notre propre atmosphère. Galilée considérait déjà les taches du soleil comme des nuages flottant devant le corps brillant d'où rayonne la lumière ; mais cette hypothèse a été généralement abandonnée des astronomes. Pour faire comprendre les théories qui sont adoptées aujourd'hui sur la constitution physique du soleil, décrivons les apparences qu'il présente lorsqu'on l'examine avec un fort grossissement.

La surface entière paraît couverte d'innombrables petites inégalités, pareilles à des marbrures ou plutôt aux rugosités d'une orange. Sur le fond lumineux se montrent quelques taches foncées, de couleur brun-gris ou noire, de formes très-irrégulières. Quand on examine ces taches plusieurs jours de suite, on remarque qu'elles font leur apparition sur le bord oriental du disque, s'avancent vers le centre, le dépassent, et disparaissent derrière le bord occidental ; quelquefois on voit les mêmes taches reparaître après avoir fait un tour entier ; c'est même ce phénomène qui a donné le moyen d'estimer la vitesse de rotation du soleil. Les taches du soleil ont des contours très-nets, elles montrent ordinairement une partie noire à peu près centrale, entourée d'une pénombre moins foncée, nettement distincte de la zone la plus obscure. La pénombre est ordinairement un peu plus claire tout autour de la tache noire centrale ; ce n'est que dans des cas assez rares qu'on observe une tache sans pénombre ou une pénombre sans tache.

Quand on regarde une tache pendant plusieurs jours, on observe des changements fort curieux dans les contours de la tache noire et de la pénombre. Si les taches étaient adhérentes au corps même du soleil et, comme La Hire et Mauperuis le croyaient

encore à la fin du siècle dernier, étaient des sortes d'îles ou d'écumées dans l'océan solaire, on verrait naturellement s'évanouir d'abord une partie de la pénombre, puis le noyau noir central, puis l'autre côté de la pénombre. Il arrive au contraire que, la tache avançant vers le bord occidental du disque solaire, la pénombre occidentale, au lieu de diminuer, augmente de largeur, la pénombre orientale se rétrécit, s'efface; enfin le noyau noir central disparaît lui-même avant la pénombre occidentale. A la suite de cette observation, due à Wilson, William Herschel avait imaginé, dès 1779, pour en donner l'explication, que le soleil a une enveloppe de nature toute particulière. Au centre, d'après lui, serait un noyau solide et obscur, de toutes parts entouré d'une atmosphère gazeuse et transparente, comme l'atmosphère terrestre; cette atmosphère se composerait de deux couches: la couche extérieure lumineuse, véritable photosphère du soleil, la couche intérieure obscure ou faiblement éclairée par réflexion. Comment expliquer, d'après cette hypothèse, les apparences des taches solaires? Imaginez qu'une tempête, un ouragan, déchire l'atmosphère sur un espace immense (il y a des taches dont l'étendue ne le cède en rien à la surface de la terre); dans ce gouffre sans fond, un observateur terrestre apercevra le noyau solide du soleil comme un point obscur, et la première atmosphère, peu transparente et peu éclairée, comme une pénombre entourant la tache centrale. On comprendra aussi facilement que le mouvement de rotation du soleil dérobera à nos regards obliques l'un des côtés et le fond de ce vaste gouffre avant de nous dérober le côté opposé. Tous les phénomènes décrits par Wilson s'expliquent ainsi très-aisément. Sous l'influence de quelles forces le voile lumineux du soleil et le second voile à demi diaphane que recouvre le premier se déchirent-ils pour nous montrer le noyau obscur? C'est ce qu'on n'a jamais pu expliquer. Herschel supposait que le noyau solide était couvert de volcans,

dont les vapeurs lancées avec une grande force pouvaient faire une brèche dans l'atmosphère; mais c'est là une supposition tout à fait gratuite que rien n'est venu corroborer.

Une découverte faite par Arago en 1811 contribua à donner à l'étrange hypothèse de Herschel sur la constitution du soleil un nouveau degré de probabilité. On avait cru pendant longtemps que la lumière émise par des corps incandescents n'était point polarisée (1); Arago observa au contraire que la lumière provenant d'un corps incandescent, solide ou liquide, présente toujours des traces de polarisation. La flamme d'un gaz en combustion présente seule les propriétés de la lumière normale. Cette observation fournissait un moyen très-simple de découvrir la constitution physique du soleil. S'il était composé d'une masse incandescente liquide, il devait envoyer de la lumière polarisée. Si la photosphère était gazeuse, c'est le contraire qui devait avoir lieu. Or, en regardant le soleil avec un polariscope, Arago n'y a trouvé aucun indice de polarisation : il en a conclu que la partie lumineuse du soleil est gazeuse, et non liquide ou solide.

Les deux enveloppes atmosphériques dont Herschel et Arago ont admis l'existence autour d'un soleil central obscur peuvent avoir environ 4000 kilomètres d'épaisseur; mais les singuliers phénomènes observés pendant l'éclipse totale du soleil du 8 juillet 1842 obligèrent les astronomes à reconnaître qu'il existe encore une troisième atmosphère solaire au-dessus de la photosphère proprement dite. Ces phénomènes ont été aperçus de nouveau pendant l'éclipse de l'année 1860. Au moment où la lune vient recou-

---

(1) On dit que la lumière est polarisée, quand les vibrations lumineuses s'exécutent dans des directions déterminées par rapport à la direction du rayon lumineux lui-même.

vrir entièrement le disque solaire lumineux, l'écran lunaire s'entoure d'une auréole lumineuse brillante, d'un blanc argenté, qu'on nomme la *couronne* ; sur le bord de la lune s'élèvent des hauteurs ou *protubérances*, que les observateurs comparent tantôt à des montagnes roses dentelées, tantôt à des masses de glaces qui seraient rougies, tantôt à des flammes rouges immobiles. Ces protubérances ont une hauteur qui peut atteindre 80 000 kilomètres, distance qui dépasse le diamètre même du soleil. L'ancienne théorie de Herschel ne peut rendre compte de ces étranges apparitions. Si le soleil avait la photosphère pour enveloppe extérieure, le ciel devrait être complètement obscur au moment où le disque lunaire recouvre tout à fait l'astre lumineux. On a donc été forcé d'admettre qu'il existe une troisième atmosphère, très-épaisse et assez transparente, qui entoure la photosphère elle-même.

Il était impossible que M. Kirchhoff, à la suite des belles découvertes qu'il a faites avec M. Bunsen, ne songeât pas à réformer les doctrines astronomiques relatives à l'astre central de notre système planétaire. Pour lui, le disque visible du soleil n'est point formé par une photosphère ; il ne croit point aux deux enveloppes de Herschel et au noyau central obscur ; il regarde le soleil comme un corps incandescent dont les contours sont ceux mêmes du globe lumineux que perçoit notre œil, et qui se trouve entouré d'une immense atmosphère riche en substances les plus diverses. L'ancienne théorie était fondée entièrement sur les apparences des taches. M. Kirchhoff les considère comme des nuages, flottant dans l'atmosphère solaire ; il admet que ces nuages peuvent se former à des hauteurs différentes, comme il arrive dans notre propre atmosphère. Deux nuages superposés, de grandeur inégale, nous apparaissent de loin comme une tache obscure entourée d'une pénombre. Il faut avouer qu'en mettant au centre du soleil un noyau obscur, et en lui donnant pour première atmosphère une zone à

de mi sombre, on offre à la raison une hypothèse qui contrarie vivement les inductions instinctives du bon sens. Si la photosphère est le foyer de chaleur et de lumière solaire, on ne comprend guère comment toutes les substances qu'elle contient n'ont pas été portées par degrés, si faible qu'y soit d'ailleurs la conductibilité, à la température de l'incandescence. On peut bien garder quelque temps un morceau de glace dans une chambre chaude, mais il finit toujours par fondre. Supposez le noyau du soleil aussi froid que vous voudrez, assez froid pour être habitable par des êtres tels que nous, le rayonnement de cette fournaise qu'on nomme la photosphère devra graduellement élever la température de la première atmosphère et celle du globe solide lui-même. Je pense donc que M. Kirchhoff a raison de repousser une théorie qui est en opposition avec toutes les lois connues du mouvement de la chaleur.

Reste pourtant l'observation célèbre d'Arago. Si, comme le prétend M. Kirchhoff, le disque lumineux n'est point une photosphère gazeuse, comment se fait-il qu'il nous envoie de la lumière non polarisée? A ce sujet, le savant allemand remarque que si les corps lumineux liquides émettent de la lumière polarisée, c'est parce qu'on les observe immobiles; si on les examinait agités, il pense que, la lumière étant alors émise sous les angles les plus divers, il n'y aurait plus d'uniformité dans le sens des mouvements vibratoires, par conséquent plus de polarisation. Il croit donc que la surface visible du soleil peut fort bien être liquide et cependant émettre de la lumière non polarisée ou naturelle, parce que ce vaste océan de feu n'a point une surface unie comme un miroir, qu'il est sans cesse hérissé de vagues énormes et balayé par d'épouvantables tempêtes. Faire de telles suppositions, ce n'est pas céder à l'entraînement de l'imagination. Tout mouvement des airs et des eaux résulte d'une simple différence de température : quel-

ques degrés de moins au pôle qu'à l'équateur sur notre terre, et voilà la mer traversée par des courants et des contre-courants, l'atmosphère ouverte aux vents, agitée par les tempêtes; mais qu'on y réfléchisse, les fluctuations de température, si faibles sur notre planète, doivent être immenses dans le soleil et autour du soleil. La condensation des vapeurs métalliques de l'atmosphère, la vaporisation du bain solaire sont des phénomènes bien autrement grandioses que nos pluies terrestres. Quelle puissance doivent avoir les vents alizés sur une sphère aussi vaste que celle du soleil! Quelles pluies épouvantables doivent tomber du flanc de ces nuages aussi étendus que nos plus vastes continents, tout chargés de métaux en ignition! Les variations de température dans l'atmosphère solaire peuvent s'estimer, avec de grandes chances de probabilité, à plusieurs centaines de degrés; les pressions atmosphériques doivent varier dans les mêmes proportions, tandis que, dans les baromètres terrestres, c'est par millimètres seulement qu'on estime les différences de pression dans la colonne mercurielle qui fait équilibre au poids de l'atmosphère. Et pourtant, on le sait, une chute rapide de quelques millimètres dans la colonne barométrique est l'avant-coureur certain d'une violente tempête.

Après avoir décrit le soleil comme un globe liquide incandescent, entouré d'une épaisse atmosphère pénétrée des corps simples que nous retrouvons dans notre planète elle-même, M. Kirchhoff s'arrête. Il ne cherche pas à expliquer comment s'est allumé ce foyer de chaleur, ni comment il s'entretient. La question, si elle ne peut être résolue complètement, mérite au moins d'être discutée. Si le soleil n'était qu'un corps échauffé rayonnant dans l'espace, semblable à un boulet de canon rougi, il est à croire qu'il ne pourrait rester longtemps aussi brillant qu'il nous apparaît et qu'il est apparu à nos aïeux les plus éloignés. La chaleur qu'il perd par le rayonnement est véritablement énorme. M. Pouillet a calculé que

pendant chaque seconde il émet 13 300 calories, c'est-à-dire 13 300 fois la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 gramme d'eau de zéro à 75°. Veut-on avoir une idée plus facilement appréciable de cette quantité de chaleur? Employée à exercer un effet mécanique, elle suffirait à élever de 1 mètre un poids de 5 600 000 kilogrammes.

Cette dépense de chaleur est si énorme, que la surface du soleil s'obscurcirait sans doute assez vite, si elle était invariable, et si quelque chose ne rendait au soleil la chaleur qu'il perd constamment. Or où se prend cette chaleur toujours nouvelle? Peut-on imaginer qu'elle résulte d'une combinaison chimique, de la combustion de substances diverses? Si le soleil était un morceau de charbon incandescent, on a calculé que 1200 kilogrammes de cet astre devraient être consumés par heure et par mètre carré. Si l'astre central avait la composition de notre poudre de guerre, pendant chaque minute une couche de poudre de 1 mètre d'épaisseur serait brûlée, et notre soleil actuel disparaîtrait en neuf mille ans. Le diamètre solaire, dans la même hypothèse, aurait été, il y a huit mille ans, double de ce qu'il est aujourd'hui. Je ne présente ces suppositions singulières que pour faire comprendre que le phénomène par lequel s'entretient la chaleur solaire ne peut se comparer aux phénomènes de combustion avec lesquels nos habitudes sont le plus familières. Il faut préparer notre esprit à quelque chose d'extraordinaire quand il s'agit de cet immense foyer dont l'activité semble ne jamais se ralentir. Tout porte à croire que le soleil ne se consume pas seulement lui-même, mais que du dehors il reçoit sans cesse de nouveaux matériaux qui se précipitent dans son orbite, et y deviennent incandescents. Supposons que l'astre central soit entouré d'un immense anneau cosmique formé d'une multitude de météorites : attirés par la puissante masse du soleil, ces météores décriront des spirales de plus en plus rapprochées

du centre avec une vitesse toujours croissante; parvenus dans l'atmosphère solaire, il tomberont sur le soleil avec la formidable vitesse que leur communiquera la gravité, qui, à la surface du soleil, est vingt-huit fois plus grande qu'à la surface de la terre. La vitesse d'un météore en arrivant sur le soleil dépasse 600 kilomètres par seconde; en supposant qu'il soit entré dans l'atmosphère solaire avec la température glacée des espaces interplanétaires, on voit qu'il devra promptement y être porté aux plus hautes températures que nous puissions imaginer. Un savant anglais, à la fois mathématicien et physicien, M. Thomson, a calculé que, pour entretenir la chaleur solaire actuelle, il suffirait qu'il tombât tous les ans dans le foyer solaire une quantité de matière météorique qui pût couvrir la surface du soleil sur 9 mètres d'épaisseur. Supposons, si l'on veut, que le double soit nécessaire, que tous les ans le niveau des mers solaires s'élevât de 18 mètres, en raison de cette pluie continuelle de météores incandescents: il faudrait quatre mille ans pour que le diamètre apparent du soleil augmentât d'une seconde, quarante mille ans pour qu'il grandît d'une minute. A ce compte, au bout de deux millions d'années, un observateur terrestre qui aurait vécu tout ce temps ne verrait pas le soleil plus différent de lui-même que nous ne le voyons chaque année d'une saison à l'autre, à mesure que la terre s'en éloigne ou s'en rapproche. Si la masse du soleil augmentait par l'addition des substances météoriques, nous n'aurions donc aucun moyen de nous en apercevoir: en revanche, on ne peut arguer de la constance du diamètre solaire pour repousser cette hypothèse, qui a l'avantage d'assigner une cause rationnelle au développement de la chaleur solaire.

On demandera peut-être d'où viennent ces météores, dont la pluie de feu tombe sans cesse sur la surface de l'astre qui nous éclaire. N'avez-vous jamais, par une soirée claire de mars ou de

septembre, au moment des équinoxes, aperçu une lueur blanche qui se montre dans le ciel du côté de l'occident? Elle a de 20 à 30° de largeur, s'élève au-dessus de l'horizon, en suivant à peu près la direction de l'écliptique. C'est ce qu'on nomme la *lumière zodiacale*, parce que ceux qui l'observèrent les premiers la crurent délimitée par le zodiaque. Sous le ciel brumeux de nos climats, on n'aperçoit cette pâle lueur que bien rarement, après le crépuscule ou avant le lever du soleil, au commencement du printemps et de l'automne, et elle se confond aisément avec les reflets du jour qui s'évanouit ou qui s'approche; mais sous les tropiques, le phénomène s'étale dans toute sa magnificence. Sur les sommet des Cordillères, dans les prairies du Mexique, sous le beau ciel de Cumana, sur les bords de la mer du Sud, la lumière zodiacale s'est montrée à Alexandre de Humboldt plus brillante que la voie lactée. A l'équinoxe, au moment où le disque solaire vient de descendre sous l'horizon, l'obscurité totale succède presque immédiatement au jour, et l'on voit tout à coup apparaître la lumière zodiacale, qui s'élève jusqu'à la moitié de la hauteur du ciel et ne s'évanouit qu'à l'approche de minuit.

Dominique Cassini observa le premier la lumière zodiacale en 1683, et la considéra comme une sorte d'anneau lumineux lié à l'équateur solaire; il reconnut en effet que cette lumière suit les mouvements de l'équateur solaire à mesure que celui-ci s'éloigne de l'écliptique. M. Thomson pense que cet immense anneau lumineux est le réservoir des météores dont se nourrit l'astre central. Une telle théorie se concilie bien avec la grande conception cosmogonique de Laplace : l'anneau zodiacal étendu entre le soleil et l'orbite terrestre serait en quelque sorte un résidu de matière cosmique qui composait à l'origine la nébuleuse entière d'où par degrés est sorti notre système de planètes.

Quoi qu'il en soit, à mesure que l'astronomie étudie avec plus

de soûn les phénomènes du ciel, elle y rencontre de plus surprenantes merveilles. Que de belles découvertes faites récemment dans notre propre système solaire, que l'on se flattait pourtant d'avoir entièrement exploré! Parmi ces découvertes, celle de MM. Kirchhoff et Bunsen restera comme une des plus importantes. L'analyse spectrale de l'atmosphère solaire a donné la preuve de l'unité chimique de notre système planétaire, et peut-être un jour, appliquée aux étoiles du plus vif éclat, révélera-t-elle un parenté physique entre notre système et tous ceux qui remplissent les infinies profondeurs de l'espace; mais si elle nous ouvre en quelque sorte les portes de l'infiniment grand, elle nous ramène encore par un autre chemin à l'idée de l'unité dans la nature. En étudiant le spectre, nous reconnaissons aujourd'hui chaque corps simple tenu en suspension dans la flamme dont le prisme de verre décompose les rayons; mais qu'est-ce qu'un corps simple qui trahit sa présence non par une seule raie brillante, mais par deux, trois, quelquefois par soixante raies? A mesure que le spectre augmente de netteté, le nombre des raies lumineuses augmente pour chaque substance; les verrons-nous jamais toutes? Il est permis d'en douter. Il y a donc là une multiplicité et une indétermination qui s'accordent assez mal, il faut l'avouer, avec l'idée théorique que nous nous faisons d'un corps simple, substance non composée, toujours semblable à elle-même, *substratum* de toutes les combinaisons chimiques. Faudrait-il, avec quelques esprits hardis, admettre que les corps que nous nommons simples ne nous le paraissent que parce que jusqu'ici nous n'avons pu réussir à les décomposer? Doit-on croire que les divers corps simples, s'il y en a vraiment de tels, ne sont formés que d'une seule et même matière à des états divers de condensation? Nous nous trouvons ainsi entraînés à l'idée de l'unité de substance. Gaz, liquides, solides, vide et plein, corps et espaces célestes, satellites, planètes, soleils, etc., ne se-

raient que les formes transitoires de quelque chose d'éternel, les images éphémères de quelque chose qui ne peut changer, et, dans le tourbillon des phénomènes, dans l'éternel mouvement de toute substance, l'histoire du monde nous montre partout le devenir dans l'être, l'être dans le devenir.





**PROGRÈS ET DÉCOUVERTES**  
**DE LA MÉTÉOROLOGIE.**



# PROGRÈS ET DÉCOUVERTES

## DE LA MÉTÉOROLOGIE.

---

Il est une science à la portée de tous les esprits, qui, pour être cultivée, même avec succès, ne demande presque aucune préparation, qui fournirait facilement une ressource admirable à ceux qui, peu disposés à s'assujettir à des études préliminaires longues et ardues, se sentiraient néanmoins quelque goût pour l'observation des phénomènes naturels : on pourrait l'appeler plaisamment la science de la pluie et du beau temps, bien qu'elle se décore d'ordinaire du nom magnifique de *Météorologie*. Le baromètre, le thermomètre, la girouette, sont les simples instruments qu'elle emploie; son champ est l'atmosphère terrestre, dont elle s'efforce d'analyser les mouvements réguliers ainsi que les perturbations.

Comme M. Jourdain faisait de la prose sans le savoir, ainsi nombre de gens ont fait et font encore de la *météorologie* sans en connaître même le nom. On s'est à toute époque occupé de comprendre les signes du temps; le laboureur les consulte pour ses cultures, l'homme de guerre dans ses expéditions, le marin dans ses voyages. Que d'observations le paysan n'a-t-il pas le loisir de rassembler pendant ces longues journées passées en face de grands horizons! Son œil contemplatif s'accoutume à lire dans le ciel, à saisir dans les formes et les lignes des nuages, dans les tons de la lu-

mière, dans la transparence variable de l'air, une infinité de nuances qui échappent à celui qui ne vit pas au sein même de la nature. Le paysan n'a pas besoin de girouette pour savoir d'où vient le vent, d'anémomètres pour en mesurer la force; le balancement des arbres, le mouvement léger des graminées qui se penchent, la direction des nuées, lui en apprennent assez : il sait d'où vient la pluie, comment se forment les orages, comment s'annonce une belle journée; son langage est semé d'expressions riches et originales qui peignent toutes les variations, tous les pronostics du temps. Il ne faut pas dédaigner cette science pratique, fruit d'une expérience séculaire, ni ces dictons où elle s'exprime sous forme naïve; si les explications qu'elle propose sont souvent erronées, les faits qu'elle prend pour base sont toujours certains. La lune rousse, par exemple, ne mérite assurément pas toutes les invectives dont elle est l'objet; mais il est incontestable que la période de l'année qu'on désigne ainsi est très-dangereuse pour les jeunes pousses, souvent gelées et roussies par le refroidissement nocturne, parce qu'elles s'abaissent alors à une température inférieure à celle de l'air. Les paysans attribuent cet effet à la lune, parce que le rayonnement agit avec d'autant plus d'énergie que le ciel est plus serein, et que la lune par conséquent brille avec plus d'éclat. C'est dans le pays de montagnes, où le temps est si incertain et change avec tant de rapidité, qu'on a souvent occasion d'apprécier cette connaissance locale des climats, qui ne fait défaut aux habitants d'aucun pays. Dans les Alpes, on peut toujours se fier presque aveuglément, sous ce rapport, à ces excellents guides dont la prudence et la perspicacité sont vraiment admirables. Qu'un orage, que la pluie vous surprenne et vous emprisonne dans quelque chalet écarté, ne cherchez point à faire prévaloir votre avis contre celui de votre guide; de temps en temps il ira humer l'air à la porte, regardera les divers coins de

l'horizon, et quand il vous donnera le signal du départ, vous pourrez le suivre sans crainte. La façon dont les vapeurs rampent le long des montagnes, la hauteur qu'elles atteignent, le point où elles s'accablent, tout lui fournit des indications précieuses, rarement mises en défaut.

Les matelots ont une science toute semblable. L'habitude des longs voyages, des climats différents, les familiarise avec une foule de phénomènes météorologiques qu'ils interprètent avec une grande sûreté de jugement. Ils connaissent les caractères d'un temps sûr et d'un vent favorable, savent discerner les pronostics de ces tempêtes redoutables qui, surtout dans certaines mers, font subir aux navires les plus terribles dangers. Les expressions ne manquent pas dans la langue technique des hommes de mer pour peindre cet ensemble de signes menaçants qui précèdent une grande convulsion naturelle, l'aspect effrayant du ciel, les nuages accumulés en lourdes et sombres masses, la couleur des flots, les formes particulières des crêtes écumeuses qui tracent comme des éclairs fugitifs sur le fond céruléen des eaux, les dentelures bizarres de l'horizon qui indiquent une mer soulevée et horriblement agitée.

Les paysans et les marins sont donc meilleurs appréciateurs du temps que les citadins, dont l'horizon est pour ainsi dire borné à l'enceinte des villes. Ceux-ci néanmoins portent le même intérêt aux phénomènes de l'atmosphère. Si ce n'est, à la ville comme aux champs, le sujet le plus important des conversations, c'est presque toujours le premier, celui sur lequel on retombe le plus naturellement, la planche de salut que l'on tend aux timides et aux sots. On a toujours parlé du temps, si l'on n'a pas toujours parlé de météorologie, et, bien que le nom ait été inventé de nos jours, je suis tenté de croire que nos aïeux avaient plus que nous souci de ce qu'il représente. En faut-il donner une preuve ? On

voit bâtir aujourd'hui nombre de belles maisons, de châteaux, où l'architecte a oublié la girouette. Jadis, dessinée avec goût, de formes originales, elle ornait toujours les toits des habitations. Il y a quelque chose de poétique dans cet emblème du changement et de la fixité réunis dans un seul objet : n'est-ce pas l'image de notre propre vie, de tant d'efforts, de troubles, de luttes sur un point étroit où l'on naît, et où il faut mourir? La girouette domine la maison; elle marque fidèlement toutes les incertitudes, toutes les tempêtes du ciel; au-dessous s'agitent toutes les passions humaines. Elle grince encore, à demi usée, au-dessus des vieilles demeures désertes, que plus rien n'anime au dedans, et ses brusques mouvements forment un contraste lugubre avec le calme et le silence que la mort et l'oubli ont laissé derrière eux. Qui n'a admiré les magnifiques baromètres et thermomètres du XVIII<sup>e</sup> siècle, véritables meubles usuels, construits avec luxe et solidité, larges, grands, faciles à consulter? Chaque membre de la famille devait évidemment tous les jours en lire les indications. Où sont aujourd'hui les baromètres dans nos maisons élégantes? On n'en connaît plus guère qu'un seul, celui des fonds publics. Y a-t-il encore, dans notre temps affairé, des hommes qui conservent assez de loisirs pour se livrer à l'étude patiente et régulière de quelques phénomènes naturels, qui, au milieu de tant d'agitations morales, conservent assez de quiétude d'esprit pour s'asservir, sans y être tenus par des fonctions spéciales, à des observations minutieuses, faciles, mais qui réclament une extrême régularité? Où sont d'ailleurs les hommes assez modestes pour consentir à accumuler durant une longue suite d'années des chiffres ingrats, pour se livrer à des calculs absolument désintéressés, qui ne peuvent rapporter aucun profit, qui ne mènent ni à la fortune, ni à la réputation? Bien peu à la vérité se contenteront d'ajouter un élément unique à une foule d'autres éléments, dans la seule espé-

rance que de ce vaste ensemble surgisse un jour quelque grande théorie. De là même sont nées pour la météorologie des conditions nouvelles qui méritent examen.

Bannie de nos foyers, où nous pourrions si facilement la recevoir, la météorologie s'est vue forcée de s'installer dans des observatoires spéciaux : elle y absorbe d'une manière fâcheuse un temps qui pourrait être plus utilement consacré à l'observation des phénomènes célestes. Tandis qu'associée aux travaux et aux occupations ordinaires, surtout parmi ceux qui habitent la campagne, elle pourrait remplir agréablement des heures trop souvent occupées, elle n'est plus qu'une fatigue et un objet de dégoût pour ceux qui dans les grands observatoires ou dans des stations spéciales en sont devenus les victimes. En prenant le rang de science officielle, elle a dû former ses cadres ; elle a enrégimenté et assujéti des intelligences d'un ordre souvent supérieur à des soins qu'elles doivent trouver fastidieux, en comparaison des objets plus élevés qu'elles se sentent capables d'atteindre. Ce mariage un peu forcé qui s'est opéré par le hasard des circonstances entre l'astronomie et la météorologie a sans doute quelques avantages réels, mais ce n'est pas toujours la science qui en tire profit. Que d'illusions ne crée pas dans la masse du public le mot d'observatoire ! Tout d'abord il éveille le respect, l'admiration instinctive pour les plus hautes études, les spéculations les plus transcendantes. Tout le monde ne fait pas très-nettement la distinction entre un observatoire astronomique et un observatoire météorologique, surtout depuis qu'un très-grand nombre d'établissements ont à la fois ce double caractère. Les météorologistes recueillent ainsi une part de la considération qui de tout temps et à fort bon droit s'est attachée aux astronomes de profession, et ils acquièrent quelquefois, à bien bon marché, la réputation de vrais savants. Ceux qui sont placés à la tête des observatoires astronomiques

peuvent de leur côté, quand l'esprit de recherche scientifique s'y éteint et que les découvertes y font défaut, être tentés de créer des illusions sur la fécondité des établissements qu'ils dirigent, sur le nombre et l'importance des travaux qui s'y poursuivent, en accumulant d'indigestes observations météorologiques dans de majestueux in-quarto qui trouvent une place obligée sur les rayons des bibliothèques savantes. On conçoit ainsi jusqu'à un certain point la défiance avec laquelle des esprits sérieux ont parfois accueilli les prétentions de la météorologie; ils ont craint sans doute de voir les études importantes sacrifiées à des recherches moins utiles, noyées dans une mer de chiffres stériles; ils n'ont pas vu sans inquiétude la science nouvelle prendre une place de plus en plus prépondérante dans des lieux où elle ne devrait être qu'une humble auxiliaire. Quand la munificence princière ou publique édifie des observatoires astronomiques dans des contrées peu mûres pour un mouvement scientifique sérieux, on peut être certain que la météorologie s'y fera la part du lion, parce qu'elle ne réclame pas de ceux que la cultivent la forte éducation mathématique, les qualités d'ordre supérieur nécessaires à l'astronome véritable. Que d'exemples de ce genre ne pourrait-on citer, aux États-Unis, en Russie, dans d'autres pays encore!

Toutefois cette réaction contre la météorologie a été poussée jusqu'à l'injustice : on est allé jusqu'à dire qu'elle n'avait aucune utilité, que, privée de méthode, elle n'avait pas même d'objet bien déterminé. Pour montrer l'exagération de ces reproches, il suffit de rappeler quels services a déjà rendus cette branche spéciale de la météorologie qui a la mer pour domaine. Les cartes de Maury, le directeur de l'observatoire national de Washington, sont une œuvre dont les hommes de mer reconnaissent toute l'importance. En contribuant à augmenter la célérité ainsi que la sécurité des voyages, l'officier américain a rendu à l'hum-

nité un de ces bienfaits qui ne peuvent se mesurer, parce que les effets s'en multiplient sans cesse et sortent indéfiniment les uns des autres. Il est bien vrai qu'on peut invoquer les travaux mêmes de Maury pour prouver que la météorologie n'arrive à des résultats appréciables qu'autant qu'elle s'applique à des questions nettement définies et se crée des méthodes propres à faire sortir une théorie du chaos des observations individuelles amassées pendant un grand nombre d'années. Le défaut de méthode et l'incertitude même des problèmes sont, on doit bien le dire, les vices principaux de la science nouvelle. La plupart de ceux qui s'y adonnent ne s'assignent aucun but positif; sous prétexte que les théories ne doivent se fonder que sur l'observation des faits, ils enregistrent machinalement des nombres qui ne disent rien à l'esprit et qui restent oubliés dans la poussière des bibliothèques, faute d'une méthode propre à extraire des observations ce qu'elles contiennent d'essentiel, à les condenser, à les résumer dans une synthèse graduelle et de plus en plus générale.

La météorologie n'a pas jusqu'ici de véritable doctrine: aussi, pour en faire connaître l'état actuel, il suffit presque d'énoncer les objets divers qu'elle poursuit, car ses efforts n'ont encore été sur aucun point couronnés d'un complet succès. Le but immédiat de l'observateur est la connaissance du temps; mais qu'est-ce que le temps? Nous en parlons tous les jours, sans analyser les éléments complexes qui entrent dans ce simple mot. Bien portants ou malades, nous ressentons tous plus ou moins vivement les effets de cet ensemble atmosphérique qui se modifie à toute heure autour de nous: un air plus ou moins chargé, la chaleur et le froid, l'humidité ou la sécheresse, l'état électrique, toutes ces circonstances agissent sur notre santé, notre humeur, sur le développement de la nature animale et végétale. Un changement d'une fraction de degré dans la température moyenne de la surface ter-

restre serait un arrêt de mort pour des milliers d'êtres animés, et le malade est obligé d'aller de climats en climats chercher un air qui puisse soulager ses souffrances.

A l'aide de quels instruments pouvons-nous scruter toutes les particularités du temps? Il en faut bien peu : il suffit de mesurer le poids et la température de l'air, l'humidité qui s'y trouve, la direction et la force des vents, la quantité d'humidité qui se condense sous forme de pluie. L'instrument qui nous apprend quelle est la pression de l'air est, chacun le sait, le baromètre. C'est une balance d'une extrême délicatesse, où une colonne de mercure fait équilibre à la colonne aérienne qui se trouve au-dessus de nos têtes et comprime notre corps : elle nous révèle toutes les fluctuations de cette grande mer aérienne au sein de laquelle nous vivons. Les hommes peuvent exister sous des pressions atmosphériques très-différentes; ceux qui sont sur le bord des mers reçoivent tout le poids de l'atmosphère, ceux qui habitent les montagnes portent en moins le poids d'une colonne d'air égale en hauteur à l'élévation du point où ils se trouvent au-dessus du niveau général de l'Océan. L'organisation humaine paraît se prêter, sous ce rapport, à des circonstances notablement différentes : ainsi la ville de Mexico a 2277 mètres d'altitude; Quito, dans l'Amérique du Sud, est à 2908 mètres au-dessus du niveau de la mer; Puno, sur les bords du lac de Titicaca, n'a pas moins de 3912 mètres d'altitude : c'est à peu près l'élévation de l'Aiguille-du-Midi (3986 mètres) en Savoie. L'homme peut donc vivre dans des régions où le voyageur ressent d'ordinaire ce qu'on nomme le mal des montagnes : c'est une souffrance très-vive, qui tient à la raréfaction de l'air, à l'abaissement de la température, et que M. Gay-Lussac éprouva dans sa fameuse ascension en ballon.

Il y a dans chaque point de la terre une pression barométrique normale qui dépend de l'altitude au-dessus du niveau général des

eaux; mais cette pression est soumise dans tous les lieux à de légères variations, parce que la mer atmosphérique qui passe au-dessus de nos têtes a ses flux et ses marées, et ne conserve pas constamment, à cause de sa nature aérienne et changeante, la même densité. Les hauteurs de la colonne mercurielle dans le tube barométrique se mesurent en millimètres et en dixièmes de millimètre, ainsi que l'on peut s'en assurer dans les tableaux que l'Observatoire a pris l'habitude de publier. L'évaluation de longueurs aussi faibles que des dixièmes de millimètre s'obtient à l'aide d'un petit instrument très-ingénieux, nommé *vernier*, qui glisse le long de l'échelle barométrique fixe, et qui doit être adapté à tous les baromètres de précision. Dans les mêmes tableaux, on voit inscrite à côté de la pression barométrique l'observation de la température de l'air. Ces deux éléments doivent toujours être réunis, parce que le météorologiste, chaque fois qu'il fait une observation barométrique, doit la corriger en cherchant quelle modification elle subirait, si la température de l'air était constante et égale à zéro. Si cette hypothèse était réalisée, le mercure subirait, dans la colonne de verre où il monte et descend, un léger mouvement, dont la valeur s'obtient très-facilement par un petit calcul. C'est pour faire cette petite correction qu'on observe toujours la température après avoir fait une observation barométrique, et c'est dans cette vue qu'un thermomètre est souvent fixé sur les baromètres mêmes. Indiquons quelques précautions à prendre pour ceux qui se livrent à ce genre d'observations. Ils doivent toujours avoir soin de placer le baromètre à une place où le soleil ne puisse pas l'échauffer, et éviter pour la même raison de le tenir rapproché du feu. L'instrument doit être maintenu aussi verticalement que possible et être fixé d'une manière bien solide. Le baromètre employé dans la plupart des stations météorologiques porte le nom de baromètre de Fortin : le mercure y est, pour

chaque observation, ramené au même niveau dans la cuvette où il reçoit la pression de l'atmosphère. On arrive à ce résultat en tournant une vis qui comprime ou abaisse le fond élastique sur lequel pèse le mercure jusqu'à ce que le niveau du métal touche exactement la pointe effilée d'un petit cône d'ivoire fixe. On est assuré que le contact est rigoureusement obtenu quand ce cône et son image sur le miroir mercuriel ne se touchent que par un seul point. On fait aujourd'hui beaucoup de baromètres métalliques qu'on nomme anéroïdes : ce sont des boîtes cylindriques en métal où l'on fait le vide, et dont le fond cède sous la pression variable de l'atmosphère. Les indications de ces instruments sont très-irrégulières et tout à fait insuffisantes pour l'observation scientifique ; ils sont néanmoins très-commodes pour des besoins ordinaires, surtout en mer, à cause de la facilité avec laquelle on peut les suspendre, sans crainte qu'ils se brisent, comme les baromètres en verre.

L'observation barométrique se complète encore, dans les tableaux météorologiques, par l'indication de la direction régnante du vent et de l'état général du ciel. Ces éléments sont d'une importance capitale dans l'appréciation exacte du temps et des changements qui s'y préparent. Aidé de ces informations, un observateur judicieux peut jusqu'à un certain point se flatter de prédire le temps : je ne voudrais pas, bien entendu, lui donner le conseil de s'attribuer le rôle d'un Matthieu Laensberg, de faire des prédictions à long terme, et d'annoncer, avec l'imperturbable confiance des almanachs, des événements météorologiques certains. Prédire d'avance des étés froids, des hivers chauds, des perturbations dans les caractères ordinaires des saisons, c'est spéculer un peu trop largement sur la bonhomie et la crédulité du public. Ce n'est que pour un terme très-rapproché qu'on peut arriver à prédire le temps, quand on a par une longue observation acquis la

parfaite connaissance d'un climat; encore ne peut-il être question que de probabilités plus ou moins fortes, et jamais de certitude complète. On croit généralement que le baromètre est l'instrument exclusif d'une semblable recherche, qu'il sert surtout à annoncer le beau ou le mauvais temps : cette doctrine est si bien établie, que les divers attributs du temps sont inscrits le long des divisions de l'échelle barométrique. Torricelli avait déjà observé lui-même que le baromètre baisse à l'approche de la pluie, et monte quand le temps se met au beau; mais cette règle souffre des exceptions. Il faut bien comprendre que le baromètre n'indique jamais qu'un état *actuel* de l'air, et ne fournit aucune indication absolue sur les modifications qui peuvent s'y opérer. Le mercure monte aujourd'hui, qui peut affirmer qu'il continuera à monter demain, ou me dire s'il reviendra à son ancien niveau? Il est heureusement un phénomène météorologique dont les indications sur ce point essentiel complètent de la manière la plus heureuse celles que donne le baromètre : c'est le phénomène du vent. En regardant d'où il souffle, on peut, non point avec certitude, la certitude est exclue des spéculations météorologiques, mais avec un grand degré de confiance, annoncer quel sera le changement le plus prochain dans la direction du vent, et en déduire, connaissant l'état actuel du ciel, les changements qui en résulteront dans le temps. Énoncer une semblable proposition, c'est reconnaître implicitement que les variations de la rose des vents ne sont pas absolument arbitraires et sont soumises à une loi générale.

La découverte de la loi qui règle les vents est la conquête la plus importante que la météorologie ait faite de nos jours. Tout l'honneur en est dû à un savant berlinois, M. Dove, qui depuis de longues années enrichit la science nouvelle par les plus remarquables travaux. C'est dans les ouvrages de cet éminent physicien, dont les études se poursuivent encore aujourd'hui, que la mé-

téorologie peut chercher ses meilleurs titres pour prétendre au nom de science, qu'on a voulu quelquefois lui dénier. Expliquons en quoi consiste la loi à laquelle le nom de Dove reste attaché, et qu'on appelle aussi quelquefois la loi de rotation des vents. L'air participe au mouvement de rotation qui emporte la terre autour d'un axe. Nul au pôle, ce mouvement atteint des vitesses de plus en plus fortes jusqu'à l'équateur. Lorsque, par quelque cause particulière, une masse d'air se trouve poussée plus près de l'équateur, elle arrive dans des régions où la vitesse rotative de la terre est supérieure à la sienne; il en résulte que ce courant polaire avance plus lentement vers l'orient que les points de la surface du globe qui sont au-dessous de lui, et paraît ainsi, pour un observateur placé sur la terre, se mouvoir d'orient en occident. Si j'ai bien expliqué ce phénomène, on comprendra que tous les vents qui viennent du pôle nord et se dirigent vers l'équateur sont, par suite du mouvement même de la planète, déviés de plus en plus vers l'ouest, et tendent ainsi graduellement à se convertir en vents d'est. Ainsi, quand un courant polaire s'établit dans l'atmosphère, on le voit venir d'abord du nord, puis du nord-est, enfin de l'est. En comparant la rose des vents à une horloge, on peut dire que le vent tourne du nord à l'est dans le même sens que les aiguilles. — Si maintenant, au lieu d'un courant polaire, il s'agit d'un courant équatorial, ou parti de l'équateur, il montera d'abord, je suppose, directement vers le nord; mais, pénétrant dans des latitudes où la vitesse du mouvement de la surface terrestre s'atténue de plus en plus, le courant, qui conserve sa vitesse rotative, ira plus vite vers l'orient que les parties de la terre qu'il domînera. L'air paraîtra donc venir du côté de l'occident, et s'infléchira de plus en plus dans cette direction. Les vents du sud ont donc une tendance naturelle à tourner vers l'ouest, et entre ces deux points cardinaux le vent se meut encore dans le même sens qu'en-

tre le nord et l'est, comme une aiguille d'horloge, pour rester fidèle à ma comparaison.

Tous les courants aériens ont pour origine une différence de température dans les diverses parties de l'atmosphère. Considérons par exemple une île entourée par l'Océan : dans la journée, la surface solide de l'île s'échauffe plus vite que le miroir des eaux ; au-dessus du sol, l'air, de plus en plus léger, montera dans les parties hautes de l'atmosphère, et sera remplacé à mesure par de l'air des régions marines environnantes. Cet appel d'air n'est autre chose que ce que l'on nomme la *brise de mer*. La nuit, un phénomène inverse a lieu ; l'île se refroidira plus que la mer, et l'air, se mouvant en sens inverse, formera la *brise de terre*. Agrandissons ces phénomènes : au lieu d'être quotidiens et locaux, qu'ils se produisent sur les grandes masses terrestres du continent asiatique et sur l'océan Indien, qui les environne ; les brises de mer et de terre vont devenir ce que les marins nomment les *moussons*, vents qui soufflent une partie de l'année du côté des terres brûlantes de l'intérieur de l'Asie, l'autre partie de l'année en sens opposé. Enfin prenons pour théâtre du phénomène la terre entière, et nous comprendrons pourquoi, la planète étant sans cesse échauffée sous les tropiques et refroidie aux pôles, deux courants atmosphériques fondamentaux et permanents doivent s'établir, l'un poussant l'air refroidi vers l'équateur, l'autre ramenant l'air chaud vers les pôles. Dans la région des tropiques, ces deux courants sont bien distincts et nettement séparés ; ils restent superposés l'un à l'autre sans se mélanger ; le courant inférieur forme ce qu'on nomme les vents alizés, si remarquables par leur constance et si favorables à la navigation. Dans la zone des climats tempérés, le courant équatorial et le courant polaire, ou en d'autres termes le vent chaud et le vent froid, sont au contraire constamment en conflit, et c'est à ce perpétuel combat que tient l'extrême variabilité du temps à nos latitudes.

On a vu comment le vent du sud tend à tourner vers l'ouest, et celui du nord vers l'est; aussi peut-on dire que dans toutes nos régions européennes, en Angleterre, en France, en Allemagne, il n'y a que deux vents principaux, dont l'un oscille entre le sud et l'ouest et vient le plus généralement du sud-ouest, dont l'autre s'agite entre le nord et l'est et nous arrive de préférence dans la direction du nord-est. Dans les deux autres quadrants de la rose, entre l'ouest et nord, l'est et le midi, il n'y a, on peut le dire, que des vents de transition, qui marquent le passage d'une des directions principales à l'autre. Lorsque le courant polaire doit succéder au courant équatorial à la surface de nos terres, le vent se porte du sud-ouest à l'ouest, puis passe rapidement du côté du nord. Le courant polaire règne pendant quelque temps, devient de plus en plus oriental; de l'est, le vent saute vers le midi, et la même série de phénomènes se reproduit ainsi perpétuellement. La comparaison de la rose des vents avec une montre est donc, on le voit, parfaitement exacte; seulement, tandis que dans cette dernière l'aiguille avance avec une vitesse uniforme, dans la rose le mouvement de rotation des vents se fait avec des vitesses très-inégales, et les courants séjournent surtout dans les angles opposés du nord-est et du sud-ouest.

Cette prédominance successive des vents détermine complètement les particularités les plus générales de nos climats. Le vent du nord et du nord-ouest vient du pôle; l'air qu'il amène est froid, par conséquent lourd; il fait monter le baromètre; l'air qu'il rencontre est plus chargé de chaleur et d'humidité, puisque le courant polaire succède au courant équatorial: à ce contact, le vent du nord s'échauffe et s'empare de la vapeur d'eau, c'est-à-dire qu'il emporte et dissout les nuages. En hiver, ce vent de bise donnera donc un temps froid et clair; en été, il éclaircira aussi le ciel et modérera la chaleur. On a remarqué que le vent polaire a en hiver une tendance plus septentrionale, en été plus orientale. Or, dans

la partie de l'Europe que nous habitons, plus le vent se rapproche de l'est, plus il nous arrive desséché après avoir balayé les grandes régions continentales du nord de l'Asie, les monts Ourals et la Russie.

Le courant équatorial atteint nos latitudes dans la direction du sud-ouest ; il a passé sur la plaine liquide de l'océan Atlantique, et s'y est, grâce à sa température élevée, chargé d'une immense quantité de vapeur d'eau. L'air chaud et humide qu'il nous apporte est léger et fait descendre le baromètre. Quand le courant équatorial pénètre dans un pays refroidi par le courant polaire, la vapeur d'eau qu'il porte se condense, le temps se couvre ; en hiver, la température s'adoucit, il pleut ou neige, suivant le degré de froid qui régnait auparavant ; en été, il pleut, le temps devient d'abord assez doux, parce que les nombreuses couches de nuages qui se forment par la condensation de la vapeur d'eau interceptent les rayons du soleil comme un écran, et que, d'une autre part, la condensation de la vapeur en pluie absorbe une grande quantité de la chaleur de l'air. Si alors le vent du sud-ouest persiste, l'air en prend peu à peu la température, les nuages se dissipent et se résolvent en vapeur d'eau invisible, le ciel devient d'une admirable clarté : bientôt commencent les chaleurs lourdes et accablantes qui préparent les orages.

Tous les autres vents, je l'ai déjà dit, ne sont que des intermédiaires entre ces deux grands courants atmosphériques, polaire et équatorial : aussi partagent-ils en quelque sorte les caractères de ces courants, dont ils marquent la succession. Le vent du nord étant froid, le vent de l'ouest humide, le vent nord-ouest doit naturellement être à la fois humide et froid. Les vents qui soufflent entre l'est et le sud sont secs et chauds. On a remarqué que le vent d'est, lors même qu'il est très-chaud, donne rarement lieu à des orages à cause de sa grande sécheresse. Pour qu'il soit

accompagné de ce phénomène météorologique, il faut que plusieurs jours de très-forte chaleur aient amené l'évaporation dans l'atmosphère d'une grande quantité d'eau ; dans ce cas, les orages sont marqués par une extrême violence, car ils sévissent sur de vastes plaines continentales qui n'absorbent point l'électricité.

La direction du vent a une influence prépondérante sur les caractères du temps ; mais les effets du même vent diffèrent suivant les conditions particulières de l'atmosphère qu'il traverse. S'il fait chaud, le vent froid occasionne une condensation de vapeur, et la pluie continue jusqu'à ce que l'air soit descendu à la température du vent. Quand cet équilibre est rétabli, le ciel redevient clair. Si pendant l'hiver le temps est doux et si le vent tourne du sud-ouest au nord-ouest, il doit, par des raisons semblables, commencer à neiger, puis le temps se met au beau et au froid. Fait-il au contraire froid quand arrive un vent chaud, ce vent se refroidira en abandonnant sa vapeur sous forme de nuages et de pluie, puis le ciel se découvrira de nouveau. Ces alternances sont très-fréquentes à l'époque des équinoxes ; les ondées torrentielles et les échappées de soleil se succèdent alternativement, et ces variations sont alors une conséquence du passage du soleil dans un autre hémisphère et du trouble général qui en résulte dans l'atmosphère.

Pendant que le vent accomplit sa rotation régulière de l'est au sud, du sud à l'ouest, de l'ouest au nord, du nord à l'est, le baromètre en accuse sans cesse toutes les variations. Par le vent du nord-est, la pression barométrique dépasse d'environ 6 millimètres celle qu'on observe par le vent opposé de sud-ouest. Le baromètre nous apprend aussi quand le temps doit s'établir d'une manière stable. Pour le *beau fixe* par exemple, il monte un peu au-dessus de la pression maximum ordinaire ; pour le *mauvais temps fixe*, il descend au-dessous du minimum de pression correspondant au

vent équatorial. Quand on met les attributs du temps sur l'échelle barométrique, on inscrit *temps variable* en face de la division qui représente la moyenne barométrique d'une année entière. Dans leur mouvement giratoire, les vents, avons-nous dit, s'arrêtent de préférence dans nos climats à l'angle du nord-est et à celui du sud-ouest. Il faut ajouter que la station du vent se prolonge surtout dans ce dernier angle : c'est de ce côté que le vent souffle pendant une bonne moitié de l'année. On peut facilement en avoir des preuves en examinant par exemple dans quel sens s'inclinent les arbres isolés dans de grandes plaines où rien n'arrête l'effort des courants aériens ; ceux qui font tourner les moulins à vent pour les amener dans la direction où ils peuvent le mieux recevoir l'impulsion de l'atmosphère connaissent bien cette prédominance des vents du sud-ouest. C'est à l'air chaud et humide du courant équatorial que l'Irlande doit cette belle végétation qui l'a fait surnommer la verte Érin. La prédominance des vents du sud-ouest dans toute la partie de l'océan Atlantique qui sépare les parages de la Nouvelle-Angleterre de ceux de la Grande-Bretagne, explique aussi pourquoi la traversée des navires est plus rapide des États-Unis en Angleterre que dans le sens opposé.

Il faut, dans nos climats, un certain nombre de jours pour que le mercure du baromètre, après s'être élevé au-dessus du point le plus bas, revienne à son point de départ : cette espèce de marée du mercure, image raccourcie d'une grande marée atmosphérique, coïncide avec une rotation complète de la rose des vents. Ainsi se trouvent liés par une loi générale les mouvements du baromètre et des courants aériens. Cette belle loi de la rotation des vents, déjà entrevue confusément par bien des observateurs, parmi lesquels nous pourrions nommer Aristote, Plin et Bacon, a été mise par M. Dove hors de toute contestation ; elle est devenue en quelque sorte le fondement de la météorologie. Dans nos

pays, il faut environ de dix à vingt jours au vent pour exécuter sa rotation tout entière. Un pareil phénomène ne peut, on le conçoit aisément, avoir une absolue rigueur : la flèche de la girouette est parfois soumise à des oscillations, et ne tourne pas invariablement du même côté ; mais au milieu de ces variations elle a un mouvement général que la loi de Dove exprime. Les rotations qui se font parfois dans le sens contraire à ce mouvement général, et qu'on pourrait nommer rétrogrades, n'atteignent jamais en ampleur les rotations directes. C'est ainsi qu'en observant la rose des vents pendant cinq années consécutives à Berlin, depuis 1831 jusqu'à 1835, on a trouvé qu'en moyenne, pour douze révolutions directes ou conformes à la loi de Dove, il n'y en avait que trois rétrogrades. La rotation ordinaire ne manque donc jamais de s'accomplir malgré ces interruptions. On comprendra bien ce phénomène en le comparant à la marche d'un homme qui, pour parcourir une certaine distance, ferait quelques pas en avant, puis un pas en arrière, puis avancerait de nouveau, pour reculer encore d'une quantité moindre. Ces reculs ne l'empêcheraient point, à la longue, d'arriver au terme fixé : il s'agit simplement pour lui de faire plus de pas vers son but qu'en sens contraire. A la réunion de l'Association britannique pour l'avancement des sciences qui eut lieu à Glasgow au mois de septembre 1855, en rendant compte des travaux de l'observatoire météorologique de Liverpool, on montra que de 1852 à 1855 il y avait eu en moyenne vingt-cinq révolutions directes des vents dans cette ville sur neuf révolutions rétrogrades : la différence était donc égale à seize, c'est-à-dire que la flèche de la girouette était revenue seize fois à sa place première après s'être tournée vers tous les points de l'horizon. A l'observatoire de Greenwich, des observations faites pendant quatorze années, de 1842 à 1855, montrent qu'en moyenne la girouette revint treize fois par année, après des tours entiers, à la place occupée

par elle au 1<sup>er</sup> janvier. A Bruxelles, ce chiffre s'est élevé à quatorze en moyenne, d'après M. Quételet, depuis 1842 jusqu'à 1846. Ces chiffres sont assez peu différents à Liverpool, à Bruxelles, à Berlin, et je pourrais même ajouter en Russie, car des observations faites à Kharkof par M. Lapshine montrent que l'excès des révolutions directes sur les révolutions rétrogrades s'y est élevé à quinze pendant les années 1845-1849. Ce fait important prouve que le régime des vents, si l'on pouvait employer ce mot, est à peu près le même partout, et que les effets s'en font sentir d'une manière assez uniforme sur des zones terrestres d'une très-grande étendue.

Les gens de mer se sont toujours défiés à bon droit des mouvements du vent qui s'opèrent en sens rétrograde; quand le vent passe de l'ouest à l'est par le sud, on dit qu'il tourne contre le soleil; quand il passe de l'ouest à l'est par le nord, il suit le soleil. On comprend ainsi aisément ce proverbe des marins anglais :

When the wind veers against the sun  
Trust it not, for back it will run.

La loi de la rotation normale des vents a déjà été reconnue dans toute l'Europe, dans l'Amérique du Nord et dans l'autre hémisphère, sur la côte du Chili et à l'embouchure du Rio de la Plata. On peut dès ce moment admettre qu'elle a un caractère de généralité qui la rend partout applicable, et qu'elle est propre à donner les indications les plus sûres pour la prédiction du temps à des termes rapprochés. Pour l'interpréter d'une manière convenable, il est nécessaire de savoir exactement de quelle façon les instruments météorologiques accusent les divers mouvements du vent. Le baromètre descend à mesure que le vent va de l'est au sud-est et au sud; il arrive au point le plus bas par le vent de sud-ouest, remonte quand le vent vient de l'ouest, du nord-ouest

et du nord, et arrive au point le plus élevé quand le vent se fixe au nord-est. Le thermomètre suit une marche également liée à la direction des courants atmosphériques; il monte par les vents d'est, du sud-ouest et du sud, reste stationnaire pour celui du sud-ouest, baisse pendant que le vent tourne de l'ouest au nord, remonte quand le vent dépasse le nord-est. Les oscillations ou les marées barométriques et thermiques obéissent donc fidèlement à la loi de succession des vents, et les arrêts, les points les plus élevés et les plus bas de l'échelle que longe le mercure, sont en coïncidence avec les directions les plus remarquables et les plus constantes du courant équatorial et du courant polaire. Quant à la vapeur d'eau constamment répandue en proportion variable dans l'atmosphère, elle suit directement dans son état d'élasticité les variations de la température, et elle exerce une pression d'autant plus forte qu'elle est à une température plus élevée. Il en résulte que la force élastique de la vapeur d'eau disséminée dans l'atmosphère augmente quand le vent passe de l'est au sud, devient stationnaire quand le vent franchit l'intervalle du sud et de l'ouest, diminue quand celui-ci passe de l'ouest au nord, et redevient stationnaire quand le courant polaire a la direction normale du nord-ouest. Les pressions de l'air suivent une marche exactement opposée : elles sont en rapport immédiat avec les variations du baromètre ; or le poids de l'atmosphère se compose du poids d'une certaine masse d'air sec augmenté de celui d'une certaine quantité de vapeur d'eau ; les variations qui se produisent dans ce poids, dont le baromètre indique le total, se composent donc de deux éléments distincts qu'il importe de connaître dans l'appréciation exacte du temps.

Dé cet ensemble d'observations on peut conclure sans difficulté qu'au point de vue de la prédiction du temps les indications du baromètre ont besoin d'être interprétées d'une manière judicieuse,

et qu'il faut tenir compte de la rotation des vents et de l'état du ciel. Les échelles fixes qu'on attache aux baromètres, et sur lesquelles on écrit le temps en face des diverses hauteurs que le mercure atteint, peuvent être souvent trompeuses; entre autres défauts, elles ont l'inconvénient de s'appliquer aussi bien à l'hiver qu'à l'été, quoique les marées atmosphériques et par conséquent les marées barométriques soient bien plus considérables dans la saison froide que dans la saison chaude. L'échelle hivernale devrait occuper un espace au moins deux fois plus grand que l'échelle de l'été. La condensation de la vapeur d'eau et par conséquent la formation de la pluie, de la neige, du grésil, des brouillards, se produisent dans des circonstances barométriques toutes contraires, suivant que le vent souffle du côté de l'ouest et du côté de l'est; quand il souffle de l'occident, la condensation de la vapeur d'eau coïncide avec l'ascension du baromètre; quand le vent souffle du côté de l'est, elle coïncide au contraire avec la descente du mercure. C'est surtout parce que le premier de ces deux phénomènes manque rarement de se produire que le baromètre a conservé son crédit. C'est pour la même raison qu'on entend dire : La neige amène de nouveaux froids; cela est bien vrai quand elle tombe par un vent occidental, mais cesse de l'être quand le vent est oriental, ce qui est à la vérité beaucoup moins fréquent : dans cette dernière circonstance, le temps s'adoucit au contraire après que la neige est tombée.

Les instruments qui nous apprennent de quelle quantité d'humidité l'air est chargé se nomment *hygromètres*; il y en a de toute sorte : tantôt c'est un cheveu qui, par la contraction ou l'allongement, indique l'état hygrométrique de l'atmosphère, tantôt on reproduit en petit dans des appareils variés le phénomène de la rosée, en obtenant la condensation artificielle de la vapeur d'eau atmosphérique sur une surface qui se refroidit et dont on

connait la température. Le rapport entre la température à laquelle cette rosée se forme et celle de l'air indique immédiatement la proportion de l'humidité qui s'y trouve répandue. Nos sens nous permettent aussi d'apprécier, quoique d'une façon grossière, l'état hygrométrique du ciel; ainsi, quand l'air est parfaitement sec, les objets nous paraissent plus lointains, les horizons plus profonds, les lumières éloignées semblent des points très-faibles. Quand l'atmosphère est tout imprégnée de vapeur d'eau et que la pluie est prochaine, les horizons se rétrécissent, les plans les plus éloignés, au lieu d'être perdus dans une poussière nébuleuse, ont une netteté inaccoutumée, les montagnes lointaines prennent une teinte plus bleue; la nuit, les lumières s'entourent d'une large auréole et semblent plus colorées. Ce sont là des signes presque infailibles de pluie; mais ces nuances qui tiennent aux distances, aux tons plus ou moins chauds de la lumière, à la netteté ou au vague du lointain, peuvent à peine se décrire en termes appropriés; l'observation personnelle et l'habitude de la contemplation permettent seules de les bien saisir.

La vapeur d'eau compte pour une proportion extrêmement variable dans le poids total de l'atmosphère qui pèse sur le baromètre, et, sans l'hygromètre, nous ne pourrions mesurer la part exacte qui revient à cet élément. M. Dove a le premier porté une attention sérieuse sur l'importante distinction qu'il y a toujours lieu de faire entre le poids de l'air et celui de l'eau qui s'y trouve évaporée. Dans certaines stations météorologiques qui jouissent d'un climat constamment très-sec, l'un de ces éléments se trouve éliminé. Beaucoup d'observatoires météorologiques disséminés dans les grandes plaines de l'empire russe sont dans ce cas, ceux par exemple d'Ekaterinenbourg et de Nertshinsk. Sur ces points, on peut facilement étudier les variations diurnes de la pression barométrique, car, indépendamment des grandes marées qui tien-

ment à la rotation du vent, on y observe une petite oscillation barométrique journalière, déterminée par les changements de température qui s'opèrent dans l'atmosphère durant un jour et une nuit. Partout où l'air est complètement sec, un abaissement correspond au moment où la température est la plus froide, un relèvement accompagne le moment le plus chaud de la journée. Dans les lieux ordinaires où l'air est humide, la même règle s'applique, pourvu qu'on ait soin de retrancher de la pression barométrique totale la part qui revient au poids de la vapeur d'eau. Outre les variations journalières du baromètre et celles que détermine la rotation des vents, on distingue encore celles qui différencient les diverses saisons de l'année. Dans ces derniers chiffres, la relation de la hauteur du mercure avec la température n'est pas aussi nettement marquée que dans l'intervalle de vingt-quatre heures; néanmoins on peut dire d'une manière générale que le baromètre se tient le plus haut dans les mois les plus froids, et le plus bas dans les mois les plus chauds.

Le baromètre et le thermomètre sont deux instruments météorologiques inséparables. L'observation du thermomètre doit se faire chaque jour à des intervalles bien choisis, et devrait aussi avoir lieu la nuit. Il est souvent inutile de conserver tous les chiffres ainsi relevés quand ils ne doivent servir qu'à calculer la moyenne thermique de l'année entière ou celle des mois et des saisons. M. le professeur Dove a réuni dans de magnifiques cartes publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences de Berlin les résultats des observations faites dans mille stations environ du globe. Sur ces cartes, les points qui jouissent de la même température moyenne sont réunis entre eux par des lignes qui donnent ainsi aux yeux une représentation graphique de la distribution de la chaleur sur le globe.

On connaît assez bien aujourd'hui tout ce qui se rapporte aux

températures moyennes de l'année dans beaucoup de régions terrestres, ainsi qu'aux variations périodiques de la chaleur dans les différentes saisons; mais on est encore bien loin d'avoir approfondi ce qui touche aux variations irrégulières des phénomènes météorologiques. Il est incontestable pourtant que les climats subissent parfois une sorte de dérangement plus ou moins prolongé, et que les températures s'écartent d'une manière anormale des moyennes ordinaires que l'observation d'un très-grand nombre d'années avait fait reconnaître. Ces déviations peuvent embrasser des saisons, sinon des années entières, et se font quelquefois remarquer sur des parties fort étendues de la terre. On a estimé que, pour élucider cette difficile question des perturbations irrégulières du temps, il est nécessaire de prendre des moyennes de température qui embrassent une période moindre qu'un mois, et dans la plupart des observatoires météorologiques on s'assujettit à enregistrer des moyennes qui comprennent cinq jours consécutifs. On arrivera sans doute un jour à de curieux résultats en comparant l'intensité des variations non périodiques dans les diverses parties de la terre; on reconnaîtra sur la planète des régions à climats plus ou moins stables, et l'on sera peut-être conduit à trouver l'origine de ces perturbations.

Les variations irrégulières du climat présentent un intérêt des plus vifs, parce qu'elles s'accompagnent d'ordinaire de toute une série de phénomènes météorologiques exceptionnels. Sous ce rapport, nous ne pouvons mieux faire que de jeter les yeux sur l'année 1859 qui mérite assurément une mention spéciale dans les fastes météorologiques. L'hiver de 1858 à 1859 fut, on peut s'en souvenir, peu rigoureux; l'été qui le suivit se montra très-chaud, et même exceptionnellement sec; c'est à cette dernière circonstance sans doute qu'il faut attribuer l'apparition inattendue, dans la nuit du 28 au 29 août, d'une aurore boréale dont

la splendeur fut admirée, non-seulement à Paris et dans tout le nord de l'Europe, mais jusqu'à Rome, où une semblable apparition est un phénomène très-rare. L'aurore fut aperçue aussi à San-Francisco en Californie, au Canada, dans les États-Unis jusqu'à la latitude de Saint-Louis; dans la partie nord du continent américain, où les aurores boréales sont assez fréquentes, on n'en avait pas vu d'aussi belles depuis vingt ans. L'intensité des forces qui donnent naissance à cette poétique et mystérieuse apparition doit avoir été très-puissante, car le ciel s'illumina jusqu'à l'île de Cuba, qui se trouve pourtant placée au delà du tropique du Cancer.

Une seconde aurore boréale, qui fut comme une terminaison de la première, se montra en quelques endroits le 2 septembre, notamment à la Guadeloupe et à Cuba, où cette nouvelle illumination fut même plus brillante que la première. L'hémisphère opposé à celui que nous habitons paraît avoir ressenti au même moment le contre-coup de ce grand phénomène magnétique. La nuit du 1<sup>er</sup> septembre, on aperçut une aurore australe dans le Chili, à Concepcion, à Santiago, à Valparaiso. Pendant toute la période de ces apparitions, le magnétisme terrestre paraît avoir été fortement en jeu, et notre planète ressentit ce qu'on peut nommer un véritable orage magnétique. Les délicates aiguilles dont les oscillations trahissent les moindres fluctuations de la force magnétique restèrent dans un état d'agitation continuelle et se trouvèrent comme affolées pendant une grande partie de ce temps. Plusieurs jours déjà avant l'aurore boréale vue à Paris, les mouvements incohérents de la boussole attestaient à l'Observatoire de grandes perturbations; l'orage devint ensuite assez fort pour mettre obstacle à la transmission des dépêches sur un très-grand nombre de lignes télégraphiques; les fils, qui sont toujours en communication avec la terre, se trouvaient parcourus par des

courants venus du sol et tout à fait impossibles à contrôler. Le même fait se reproduisit aux États-Unis. Le 12 octobre, les aiguilles magnétiques ressentirent un nouvel orage à Paris, à Lisbonne, à Rome, à Pétersbourg; mais l'intensité de cette perturbation ne fut point assez grande pour permettre à l'aurore boréale de se montrer.

Il serait peu philosophique de ne pas chercher quelque connexité entre l'ensemble des phénomènes que je viens de rappeler et les ouragans qui se déchainèrent pendant le mois d'octobre 1859 sur une partie de l'Europe. La tempête sévit principalement sur les côtes occidentales de notre continent, et notamment sur celles de l'Angleterre. De nombreux naufrages signalèrent la fatale nuit du 26 octobre, entre autres celui du bateau à vapeur le *Royal-Charter*, venant d'Australie avec quatre cents passagers, qui alla se perdre corps et biens non loin de Holyhead sur les rochers de la côte. La tempête n'épargna pas même les navires réfugiés dans les ports : dans celui de Holyhead se trouvait à l'ancre ce gigantesque *steamer* qui, nommé d'abord le *Leviathan*, s'appelle aujourd'hui le *Great-Eastern*. Durant la nuit du 25 octobre, l'énorme vaisseau courut les plus sérieux dangers. J'ai rarement lu un récit plus dramatique que celui d'un correspondant du *Times* qui se trouvait à bord pendant la tempête. Toute la nuit, il fallut mettre les roues en mouvement pour lutter contre l'effrayante pression qui raidissait les ancres et menaçait sans cesse de les rompre. La jetée qui fermait le port était dominée par un phare; longtemps elle fut assiégée par les vagues furieuses qui venaient de la haute mer; elle céda enfin, et en un instant les immenses madriers furent balayés par les vagues. Le phare s'écroula, et la seule lumière qui éclairât cette scène de désolation fut éteinte. La pluie tombait à torrents, le vent soufflait avec une telle violence, qu'il était impossible d'entendre les ordres et de se tenir sur le pont du navire;

on voyait passer de temps en temps les silhouettes sombres de quelques bâtiments en détresse que le vent poussait aux rochers de la côte. Le vaisseau géant put néanmoins résister à ce conflit des éléments; les madriers de la jetée vinrent embarrasser les roues et son hélice, une des ancres céda, mais au matin le bâtiment était encore à sa place, au milieu d'une mer qui commençait à se calmer et balançait sur ses vagues déjà moins puissantes les nombreux débris dont elle était jonchée.

L'escadre d'évolutions anglaise subit également l'assaut de cette épouvantable tempête, et dans l'histoire des mouvements qu'elle exécuta on a signalé des détails météorologiques d'un très-grand intérêt. La flotte avait quitté Queenstown pour faire l'exercice à feu en pleine mer; dès que la tempête se déclara, l'amiral résolut de faire tête courageusement. Le vent atteignit bientôt une intensité effrayante, puis tout d'un coup il tomba, le ciel se découvrit et le soleil brilla quelque temps; après cette courte éclaircie, le vent vira subitement du sud-est au côté opposé de l'horizon, et l'ouragan un moment interrompu reprit toute sa fureur. Cette série de phénomènes indique que la tempête était du genre de celles que l'on nomme tempêtes tournantes ou cyclones, véritables trombes de vent qui balayent la terre en tournant sur elles-mêmes.

M. Dove, tirant profit de toutes les descriptions connues des tempêtes tournantes, est parvenu à élucider, mieux que personne ne l'avait fait avant lui, les lois qui règlent ces grandes perturbations atmosphériques. Il attribue les tempêtes tournantes au conflit de deux grands courants aériens qui soufflent dans des directions opposées. On ne saurait mieux faire comprendre le mouvement d'une semblable tempête qu'en le comparant à ceux des danseurs qui tournent tout en avançant. On peut observer le même phénomène en petit dans une de ces colonnes de pous-

sière qui l'été balayent souvent les chemins. On les voit tourner légèrement et en même temps progresser, quelquefois vite, quelquefois avec une extrême lenteur. Un intéressant passage des *Observations sur les Tempêtes tournantes*, publiées par ordre de l'amirauté anglaise, donne une idée exacte de ces ouragans (1). « Un caractère remarquable de ces ouragans est l'accroissement de leur violence dans le voisinage du centre du tourbillon. Ceux qui ont acheté chèrement leur expérience en traversant le centre d'un de ces ouragans parlent du bouleversement de la mer comme de quelque chose d'horrible; s'élevant en montagnes pyramidales de tous les côtés de l'horizon, elle retombe sur le navire, et déferle sur lui comme sur un rocher. D'un autre côté, il y a des exemples d'un ouragan qui se calme brusquement au centre même du tourbillon, les nuages se dispersent pendant quelques courts moments trompeurs; mais bientôt, comme s'il acquérait une nouvelle force par un instant de calme, le vent revient en décuplant sa furie. On peut ajouter que peu de navires ont passé par une semblable épreuve sans y laisser leurs mâts ou leur gouvernail, ou même sans éprouver de plus grands malheurs encore, et que par conséquent, quelle que soit la perte de temps, de travail et de chemin que cela doit coûter, tout homme dans son bon sens doit s'éloigner du centre d'un ouragan. »

Tous ceux qui se sont attachés à l'étude de ces dangereuses tempêtes, qui balayent souvent des espaces immenses, ont observé que le mouvement de rotation s'opère toujours dans le même sens à l'intérieur du tourbillon aérien. Dans notre hémisphère, il a lieu en sens contraire à la marche du soleil, c'est-à-dire de

---

(1) Nous empruntons la traduction de M. Hommey, lieutenant de vaisseau de la marine française.

droite à gauche, pour un observateur qui serait placé au centre. Dans l'hémisphère boréal, le mouvement se fait de gauche à droite. En parlant de la rotation normale des vents, j'ai fait voir que le vent tourne comme l'aiguille d'une horloge; dans le tourbillon des tempêtes, il tourne au contraire dans le sens opposé. Cette observation est extrêmement précieuse, car elle permet au navigateur qui croit être entré dans la zone d'une cyclone de gouverner de façon à échapper en ne courant que les moindres dangers. Les tempêtes tournantes ont pour théâtre habituel l'océan Atlantique, où elles suivent de préférence la grande courbe tracée par le courant marin nommé *gulf stream*, qui verse les eaux chaudes des tropiques dans les mers du Nord; elles se font sentir aussi sur l'océan Indien et dans les mers de la Chine, où on les nomme *typhons*. Les points de départ habituels de ces trombes aériennes sont les mers des Antilles, les parages de Madagascar et ceux des Philippines. Elles sévissent surtout dans chaque hémisphère après le solstice d'été, c'est-à-dire, dans notre hémisphère, du mois de juillet au mois d'octobre, et, dans l'hémisphère opposé, de janvier en avril. Dans l'océan Atlantique, elles sont le plus fréquentes pendant les mois d'août et de septembre; dans l'océan Indien, en septembre, octobre et novembre, quand la mousson du sud-ouest est remplacée par celle du nord-est.

Le baromètre annonce toujours les tempêtes tournantes par un abaissement exceptionnel, et les indications qu'il fournit sont particulièrement sûres dans les mers torrides, où les typhons sévissent avec le plus de fureur, parce qu'entre les tropiques il se maintient à des hauteurs tellement constantes, qu'une variation importante permet de prédire à coup sûr une catastrophe. La vitesse de translation de ces tempêtes n'est pas très-considérable, le centre du tourbillon ne parcourt que dix à trente milles à l'heure : aussi, quand il traverse un continent, on peut aisément

en suivre la marche et en annoncer l'arrivée par des dépêches télégraphiques. La force de ces ouragans est quelquefois terrible. En 1825, un Rapport du général Baudrand constate que le vent enleva à la Guadeloupe trois pièces de 24 ; en 1837, pareille chose se renouvela sur les batteries de l'île danoise Saint-Thomas, l'une des Antilles ; la même tempête fit d'épouvantables brèches au fort construit à l'entrée du port ; une maison entièrement neuve fut arrachée à ses fondations. Sans remonter si loin, la tempête du 2 juin de l'année 1860 eut des effets semblables à Saint-Malo : la bourse en construction fut entièrement rasée, les charpentes et les murailles furent démolies, et il ne reste aujourd'hui que les fondations.

La question des tempêtes tournantes a été l'objet de remarquables travaux, dus principalement à M. Redfield, de New-York, qui a spécialement étudié la marche des ouragans qui balayent les côtes des États-Unis, et à sir William Reid, ancien gouverneur des îles Bermudes. Toutes leurs observations tendent à confirmer la justesse des inductions de M. Dove. Ils ont montré en outre que les tempêtes prennent naissance d'ordinaire dans la zone tropicale, commencent à se diriger dans la direction du sud-ouest au nord-est sur l'hémisphère boréal ; qu'aussitôt arrivées dans la zone tempérée, elles dévient et marchent du sud-ouest au nord-est en s'infléchissant ainsi presque à angle droit. Dans la zone tropicale, le tourbillon conserve partout le même diamètre ; dans la zone tempérée, il s'élargit de plus en plus à mesure qu'il arrive à des latitudes plus septentrionales. Ainsi les tempêtes de l'Atlantique ont pour point de départ les petites Antilles ; elles longent la ligne qui unit Porto-Rico à Haïti et Cuba, rasant la Floride, suivent les contours des États-Unis, et le tourbillon agrandi, après avoir traversé l'Océan, vient épuiser sa fureur sur l'extrémité occidentale de l'Europe. Quelquefois cependant les

tempêtes vont des Antilles se jeter droit au fond du golfe du Mexique, remontent l'immense vallée du Mississipi et viennent balayer le Canada et les États de la Nouvelle-Angleterre. La grande tempête de 1830 toucha l'île Saint-Thomas le 12 août, les Bahamas le 14, le 15 et le 16 elle franchit la Georgie et les Carolines, le 17 la Virginie, le Maryland, New-Jersey et New-York, le 19 elle atteignit Terre-Neuve; elle mit ainsi sept jours entiers à parcourir l'orbe atlantique. Quand un navire se trouve entraîné dans le tourbillon, il arrive quelquefois qu'il accomplit circulairement un très-grand parcours sans beaucoup avancer. Les typhons des mers de la Chine sont remarquables par la lenteur du mouvement de translation. Piddington, qui décrivit il y a déjà longtemps les tempêtes de ces parages, raconte que le brick *Charles Heedle* appareilla de Maurice en février 1835; rencontrant un typhon et emporté avec lui, le brick dessina cinq grandes circonférences et parcourut ainsi treize cents milles pour se retrouver, la tempête terminée, à trois cent cinquante-quatre milles seulement du port.

En analysant soigneusement les pressions barométriques sur tous les points du globe où on les a observées, M. Dove s'est trouvé amené à penser qu'il existe, outre les courants réguliers, l'un polaire, l'autre équatorial, un courant élevé qui déverse sur le continent américain et dans la direction de l'ouest à l'est l'air échauffé sur les immenses plateaux de l'Asie et de l'Afrique; ce courant supérieur rencontre le vent de sud-ouest, qui est le contre-courant ordinaire des vents alizés, et le force à redescendre. Un tourbillon prend ainsi naissance et se dirige du sud-est au nord-ouest, en avançant au milieu des vents alizés; arrivé dans la zone tempérée, le tourbillon s'élargit en traversant les masses d'air qui vont du sud-ouest au nord-est. — J'avoue que l'explication des tempêtes de l'océan Atlantique présentée par M. Dove laisse bien

des doutes dans mon esprit. Je ne vois pas très-clairement comment l'hypothèse d'un déversement d'air opéré dans les régions supérieures de l'atmosphère peut s'accorder avec le remarquable abaissement de la pression barométrique qui signale toutes les grandes tempêtes tournantes ; mais l'autorité de M. Dove en météorologie est si considérable, que j'ai dû rapporter une explication qui en tout cas peut mettre les savants sur la voie de recherches fécondes.

Les tempêtes tournantes ne s'annoncent pas seulement par l'abaissement du baromètre : d'autres circonstances permettent de les prédire. Dans cette immense trombe cylindrique, l'air monte sans cesse en tournant, et il se forme une condensation de vapeur d'eau dans les régions élevées : c'est pour cela que les marins redoutent avec tant de raison les petits nuages noirs qui apparaissent tout d'un coup au milieu d'un ciel serein. Ces nuages, qu'on nomme *œils de bœuf*, grandissent rapidement et remplissent bientôt tout le ciel : alors la tempête se déclare. Grâce à ces divers pronostics, la marche des ouragans de l'océan Atlantique est aujourd'hui assez bien connue pour qu'on puisse en annoncer l'approche d'un port à l'autre sur les côtes des États-Unis. Sur le bord occidental de la région parcourue par ces tempêtes, le vent souffle du nord-est, et du sud-ouest sur le côté opposé de la zone. Le long des côtes de l'Amérique du Nord, le vent des tempêtes est donc ordinairement un vent du nord, ce que Franklin avait déjà remarqué ; quand elles viennent affleurer l'Europe, c'est au contraire un vent du sud-ouest.

Les tempêtes qui prennent naissance dans les limites mêmes de la zone tempérée sont beaucoup moins importantes et beaucoup plus irrégulières que celles qui ont pour berceau les régions tropicales. Elles sont dues apparemment à la rencontre des courants polaire et équatorial, qui, au lieu de se traverser ou de se super-

poser en couches parallèles, entrent directement en lutte. Lorsque l'une de ces grandes masses d'air refuse en quelque sorte le passage à l'autre, il se produit une grande accumulation d'air, et le baromètre monte très-haut. Bien trompé serait alors celui qui, se fiant aux inscriptions de l'échelle barométrique, annoncerait le beau temps fixe : un épouvantable ouragan lui donnerait bientôt un démenti.

La grêle, un des phénomènes météorologiques les plus bizarres, prend d'ordinaire naissance dans des tourbillons ou trombes d'air qui sont des miniatures des grandes tempêtes tournantes. On peut en prévoir l'approche quand on voit se former un nuage en colonne qui touche la terre d'un côté, de l'autre le ciel avec des contours nettement accusés. Une espèce de bruissement particulier annonce la chute des petits projectiles de glace, qui se forment par le tournoiement rapide d'un grain de neige à l'intérieur d'un nuage où il se trouve sans cesse jeté du côté le plus chaud au côté le plus froid, et s'entoure ainsi chaque fois d'une couche de glace nouvelle.

Par les renseignements qu'elle fournit, la météorologie s'est trouvée en mesure de rendre des services immenses à la marine, et le cercle de ces heureuses applications doit s'étendre chaque jour. Chaque année, le nombre des naufrages, ou du moins la proportion de ces catastrophes au nombre des navires nécessaires au commerce du monde, ira en diminuant, à mesure que l'on connaîtra mieux les règles que la nature s'impose jusque dans ses fureurs les plus sauvages, et que la télégraphie électrique mettra plus de points terrestres en communication, soit sur les continents, soit à travers les mers. La météorologie marine restera sans contredit la branche la plus essentielle et la plus utile de la science nouvelle, dont j'ai présenté les méthodes principales et les résultats les plus saillants. Les navigateurs de tous les pays civilisés

rivalisent aujourd'hui de zèle pour ajouter de nouveaux matériaux à ceux que Maury a coordonnés dans une première synthèse. La météorologie terrestre est soumise aux mêmes lois générales que celle des mers, mais tandis qu'à la surface des océans aucun obstacle n'en dénature les effets, sur la terre ferme, au contraire, l'élévation variable du sol, la nature particulière des terrains, les accidents topographiques, les chaînes de montagnes, contribuent à compliquer les phénomènes.

A travers cette diversité, on peut encore distinguer toutefois des climats généraux qui embrassent des régions très-considérables de la surface terrestre : ces régions se subdivisent elles-mêmes en provinces météorologiques distinctes, souvent renfermées entre des limites fort étroites. Prenons la France pour exemple : elle se divise en deux grandes régions météorologiques, la région septentrionale et la région méditerranéenne. La première n'est que la continuation des Iles Britanniques, des Pays-Bas, de l'Allemagne du Nord, pays à altitudes peu élevées, où les pluies, fréquentes, mais modérées, sont amenées par les vents d'ouest qui soufflent de l'océan Atlantique. Dans la zone méditerranéenne, qui forme ce que l'on nomme le midi de la France, les pluies sont apportées par les vents d'est qui balayent la grande mer intérieure qui sépare l'Europe de l'Afrique ; elle sont torrentielles, tombent en quantités très-inégales dans les diverses saisons : un été extrêmement sec sépare un automne et un printemps très-pluvieux. Si, la part des climats généraux faite, nous examinons en détail les grandes zones dont je viens de parler, nous pourrions y découvrir une foule de petites provinces climatologiques bien définies ; je n'en donnerai qu'un exemple : l'Alsace, abritée contre les vents d'ouest par la chaîne des Vosges, qui longe comme une haute muraille la vallée du Rhin, protégée contre les vents d'est par la forêt Noire, qui court parallèlement à la chaîne française.

n'est ouverte qu'aux vents du nord et du sud, qui sont les vents du chaud et du froid excessifs : aussi les étés y sont-ils extrêmement chauds, et les verts bouquets du tabac, les hautes tiges du maïs, se rencontrent en abondance sur les riches plaines de cette partie de notre territoire. Les hivers, en revanche, y sont très-rigoureux, la neige oppose souvent un obstacle considérable aux trains de chemin de fer qui circulent entre Strasbourg et Bâle ; le Rhin, malgré la violence de son cours, a été quelquefois pris entièrement par les glaces. Des climats provinciaux enfin on peut descendre aux climats tout à fait locaux. Comme exemple, je citerai Nice, ouverte seulement au vent du sud, Montreux, sur le lac Léman, défendu de tous côtés par des montagnes, et formant comme une oasis méridionale au pied septentrional des Alpes.

Considérée dans les traits les plus généraux, la science nouvelle n'est qu'une branche de la physique générale de notre globe, sur laquelle Alexandre de Humboldt a jeté tant d'éclat par ses longs et remarquables travaux. Des voyages entrepris dans les régions les plus diverses avaient de bonne heure tourné son attention sur les grandes questions de la géographie terrestre. En parcourant l'Océan, en traversant les Andes, en visitant les Antilles, l'immense vallée de l'Orénoque, les plateaux élevés de Quito, les steppes désolées de la Russie et de la Sibérie, le savant allemand étudia toujours avec le plus grand soin toutes les apparitions de la mer et de cet autre océan qu'on nomme l'atmosphère. De toutes les sciences, il n'en est peut-être pas de plus attrayante que la physique terrestre ; outre les résultats scientifiques qu'elle recueille, elle peut fournir à un esprit philosophique les documents les plus précieux pour l'histoire des races humaines. Combien ne voit-on pourtant pas d'hommes, et je parle des plus cultivés, de ceux qui sont doués des plus remarquables qualités de l'esprit, complètement étrangers à tout ce qui concerne cette terre où s'écoule leur

existence ! Ils passent sur ce théâtre sans daigner l'apercevoir, ne regardant jamais qu'en eux-mêmes, sans connaître les pures et profondes jouissances que procure l'étude de la nature. Il y a, je le sais, des sciences qui, par la difficulté des méthodes, par la complication des objets, demeureront toujours l'occupation exclusive d'un petit nombre d'adeptes. Pour s'élever aux spéculations de la haute analyse mathématique, il faut en quelque sorte une organisation cérébrale toute particulière. Ce ne sont pas seulement les sciences abstraites qui restent hors de la portée du vulgaire : parmi les sciences naturelles, il en est dont les profondeurs échappent forcément à ceux que la vocation ne pousse point à y consacrer leur vie tout entière. La majorité des hommes ne peut aspirer qu'à connaître de ces sciences les résultats les plus larges et les plus philosophiques : de ce nombre sont la chimie, la physique proprement dite, la géologie, l'étude des animaux fossiles, la botanique même. Cependant la géographie physique et générale de notre planète pourrait, ce semble, être étudiée avec fruit par le plus grand nombre : elle ne réclame aucune discipline, aucune préparation scientifique sévère. Est-ce parce qu'elle s'adresserait si bien à la masse du public que cette science n'a pas dans notre pays une seule chaire pour se faire connaître ? Il y a quelques années, une Société Météorologique s'est établie en France : ses publications méritent les plus grands éloges ; pourtant le cercle de son activité ne paraît pas s'agrandir, et cette utile fondation n'a pas obtenu ce patronage désintéressé des grands noms et de la richesse qui, chez nos voisins d'Angleterre, ne fait jamais défaut aux sociétés savantes et en assure la prospérité matérielle.

L'observation des grands phénomènes physiques de la nature n'a pas seulement de très-nombreuses et très-utiles applications, elle est encore une source féconde de plaisirs ; elle met celui qui vit toujours dans les mêmes lieux en harmonie avec tout ce qui

l'entoure, elle exalte ce sentiment si doux qui fait qu'on reste attaché au pays où l'on a reçu les impressions durables de l'enfance, et qu'on aime toujours, si tristes et si désolés qu'ils soient, les endroits où l'on a longtemps vécu. Le voyageur trouve dans la nature extérieure un sujet perpétuel d'intérêt; il compare, il étudie les rapports du monde physique avec les caractères des nations, les mœurs et l'histoire. Je ne me dissimule pas qu'en invitant tout le monde à étudier les sciences, on rencontre la double opposition des savants, qui ont pour tout ce qui n'est pas spécialité scientifique une horreur et un mépris sincères, des esprits délicats et amis des lettres, qui paraissent craindre de voir le sentiment de la conscience et de la personnalité humaine s'amortir chez ceux qui s'occuperaient trop d'un monde inanimé réglé par des lois inflexibles et fatales. Il est bien vrai que les âmes blessées par le spectacle des choses humaines pourraient trouver des consolations dans la contemplation d'un monde infini : qui pourra jamais empêcher que la sérénité, l'immutabilité de la nature ne contrastent avec nos agitations et nos incertitudes? Ce que je ne consentirai jamais à croire, c'est que la connaissance des grandes lois qui président à la connaissance des phénomènes célestes ou terrestres puisse abaisser les âmes ou amollir les caractères; il semble au contraire qu'en ne franchissant jamais les bornes de ce cercle étroit où nos intérêts, nos passions, nous mettent en lutte, l'esprit risque de se flétrir comme une fleur qui manque du grand air, et que, n'apercevant rien de stable dans le courant troublé des événements humains, il perde peu à peu cette confiance virile qui est le secret du courage. L'homme a parfois besoin de reprendre des forces en touchant la terre, comme Antée. Les longs murmures des forêts, accents confus d'une langue surhumaine, les plages où l'on voit éternellement mourir et renaître les flots, la nuit avec ses mondes sans nombre qui nous sourient

de loin, toutes ces sensations, tous ces spectacles nous sont bons. Ils agissent sur un sens intime perdu dans les profondeurs mêmes de l'être, sur une poésie native qui sommeille dans tout ce qui est animé. L'étude du monde nous console et nous fortifie, pourvu que nous y cherchions le divin. Les orages du ciel sont moins dangereux que ceux de notre âme, et mieux vaut quelquefois contempler les capricieuses déformations des nuées que les variations des hommes.



**PROGRÈS ET DÉCOUVERTES**  
**DE**  
**LA PALÉONTOLOGIE.**



# PROGRÈS ET DÉCOUVERTES

DE

# LA PALÉONTOLOGIE.

---

## LES RÉVOLUTIONS DU GLOBE.

---

Les pétrifications et les fossiles n'ont été considérés pendant bien longtemps que comme des objets de pure curiosité : ils semblent avoir à peine attiré l'attention des naturalistes de l'antiquité, et l'on n'en trouve que de rares mentions dans quelques-uns de leurs ouvrages. Plus de cinq siècles pourtant avant Jésus-Christ, Xénophane de Colophon parlait avec étonnement de coquilles trouvées au haut des montagnes et de restes de poissons découverts dans une carrière près de Syracuse. L'empereur Auguste avait fait rassembler une vraie collection de fossiles dans sa maison de campagne de l'île de Capri, et l'on trouve dans Pline la description de quelques ossements qu'il attribuait, à cause de leur taille, à une race éteinte de géants ; mais l'étude des restes fossiles ne put attirer toute l'attention qu'elle mérite tant qu'on demeura dans l'ignorance la plus complète à l'égard de l'histoire de notre terre et de la formation successive des dépôts qui la recouvrent. Aucun rayon n'avait pénétré dans ces obscurités, et jusqu'au milieu du dernier siècle on vit dans certaines pétrifications des produits spontanés de notre planète elle-même, qu'on douait ainsi d'un pouvoir mystérieux de génération. De pareilles erreurs

nous font aujourd'hui sourire; elles n'ont pourtant rien de trop étrange pour un temps où Képler, l'auteur des admirables découvertes qui ouvrirent la voie à Newton, attribuait, dans son *Harmonie du Monde*, à notre terre une existence personnelle, et expliquait le phénomène des marées par les mouvements de ce monstre gigantesque qui soulevait les mers. Bernard Palissy ne rencontrait que des incrédules quand il prétendait que les coquilles répandues sur le sol de la France avaient été déposées autrefois au fond de la mer. Mais pourquoi remonter si haut? Sommes-nous donc si loin du temps où Voltaire, à court d'arguments contre le déluge, mettait sur le compte des pèlerins du moyen âge les coquilles trouvées sur le haut des Alpes?

Aujourd'hui la géologie est venue nous éclairer sur la formation des couches nombreuses qui recouvrent le globe, sur les révolutions qui d'âge en âge et à tant de reprises en ont interrompu le dépôt, déplacé les mers, changé l'étendue et le relief des continents; elle est parvenue à compter, à classer méthodiquement, dans l'ordre où elles se sont succédé, ces immenses accumulations qui marquent le lit des anciens océans. On comprend facilement quel intérêt s'attache dès lors à l'étude de cette multitude d'êtres dont les dépouilles y sont demeurées enfouies. A la suite de ces cataclysmes violents qui ont agité l'enveloppe solide du globe et l'ont hérissée de montagnes, les couches de tout âge ont été relevées, et nous pouvons fouiller sur la tranche ces feuillets gigantesques, depuis les derniers formés jusqu'aux plus anciens, auxquels nous demandons les secrets de l'enfance de notre terre.

On a souvent comparé avec raison les fossiles aux médailles, qui nous apprennent des événements oubliés; seulement les médailles de la terre ne révèlent ni des dates, ni des époques historiques, mais autant de mondes nouveaux antérieurs à l'homme, le dernier venu de la création. Qui ne se sent attiré par les ruines des

siècles? En Grèce, en Italie, en Égypte, à Ninive, partout où reste un palais, un tombeau, une pierre, nous recherchons la trace de ces civilisations sur lesquelles a passé le temps impitoyable. Lors même que le sens complet nous en échappe, nous savons pourtant qu'elles furent l'œuvre, la force et la gloire d'êtres entièrement semblables à nous-mêmes; leur histoire est notre histoire : nous triomphons de leur grandeur, qui éclate encore dans des débris, et à la pitié qu'ils nous inspirent, nous ne pouvons nous empêcher de mêler nos pressentiments. Ne serait-ce pas d'ailleurs faire preuve d'un esprit trop étroit que d'isoler toutes ses préoccupations dans le cercle des événements humains, et de refuser son intérêt à une science qui étudie le développement de tous les êtres à travers les siècles, quand même l'homme n'en serait pas le dernier terme et le plus élevé?

## I.

L'étude des fossiles, la *paléontologie*, ne s'est constituée que sous l'influence de la *géologie*, et grâce aux progrès de cette dernière science. Montrer l'état des recherches paléontologiques et la nature des questions qu'elles soulèvent, ce sera constater une des plus curieuses applications de la géologie. Il ne faut cependant pas méconnaître les services qu'on doit également attendre dans cette direction de la zoologie et de l'anatomie comparée. Tout le monde connaît la mémorable tentative de Cuvier, qui reconstitua en quelque sorte les mammifères dont les restes furent trouvés dans la butte Montmartre : il les compara aux animaux aujourd'hui vivants sur la terre, et il réussit, à force de pénétration, d'analogies, d'inductions, à recomposer des êtres entiers avec quelques dents et des ossements brisés; il fut en même temps conduit à l'étonnante conclusion que de tous ces animaux pas un seul n'avait

de représentant actuel, et que leur race était complètement détruite. De pareilles comparaisons ont été faites depuis pour toute la série organique des êtres, — mammifères, poissons, reptiles, oiseaux, articulés, mollusques et rayonnés. Dans l'immense série des couches et des terrains géologiques, partout on a retrouvé des restes d'animaux aujourd'hui anéantis : tantôt l'espèce seule est frappée, tantôt la destruction atteint le genre lui-même, qui comprend la collection de toutes les espèces liées par un certain ensemble de caractères communs. Toutefois la terre et les eaux ne restent jamais dépeuplées : à l'œuvre périodique de destruction succède celle de renouvellement, et les catastrophes les plus terribles ne peuvent atteindre le principe même de vie répandu dans le monde. La féconde nature est comme ces fleuves qu'un obstacle vient arrêter : quand ils ne peuvent le renverser, ils le tournent, s'étendent, se divisent et reparaissent plus loin, toujours puissants et majestueux.

La géologie d'une part, la zoologie de l'autre, ont donc à intervenir dans les études paléontologiques. Il est cependant une autre science à laquelle ces études nous ramènent. Est-il possible de trouver l'indice d'une loi générale dans le développement de cette multitude d'êtres de toutes les classes et de toutes les familles? Où saisir un fil pour se conduire dans cette succession indéfinie? par quelles causes et de quelle manière les formes organiques se sont-elles modifiées? Ici c'est à la philosophie naturelle d'aider les recherches de l'observateur. On n'ose encore prévoir l'époque où seront dissipées les ténèbres qui enveloppent ces questions : c'est déjà beaucoup pourtant que de les poser. Si lointain que soit le but, c'est à s'en rapprocher, ne fût-ce que de quelques pas, que doivent tendre obstinément ceux qui se livrent à ces difficiles études. Quelles qu'aient été les différences de leurs doctrines, c'est cet esprit philosophique qui anima les illustres fondateurs de

la paléontologie moderne, Lamarck, Cuvier, Geoffroy-Saint-Hilaire, Blainville, Léopold de Buch. Autant il serait injuste de chercher à amoindrir le mérite de simples descriptions faites avec exactitude, autant on aurait tort d'oublier qu'elles ne doivent être que les matériaux d'une œuvre plus générale et plus élevée. Dans les restes des êtres, c'est l'être lui-même qu'il faut chercher : on ne peut qu'à cette condition apprécier la valeur relative et l'importance véritable des caractères sur lesquels on base les classifications. Malheureusement il est beaucoup plus difficile de démêler à travers tant de variations, les ressemblances, les points communs, les liaisons, que de tenir note des plus insignifiantes différences, d'inventer des noms nouveaux, de dresser d'arides catalogues, de ne chercher que ce qui sépare et jamais ce qui unit.

L'appréciation des caractères qui distinguent les espèces constitue la plus grande difficulté de l'étude des fossiles : c'est dans ce travail ardu qu'il faut faire un usage judicieux de l'analyse et s'aider des progrès que la zoologie proprement dite a faits et fait encore chaque jour. L'étude plus approfondie que l'on a entreprise depuis cinquante ans de ces animaux que nous nommons souvent encore inférieurs, a surtout contribué à jeter la lumière dans la classification des fossiles. Avec tous ces secours, il est pourtant trop souvent impossible de démêler, à l'aide des restes imparfaits que nous possédons, la nature véritable des animaux, leur forme, leurs fonctions, leur mode d'existence, le jeu de leurs organes : rien n'est resté d'eux que des moules, des empreintes, les coquilles qui leur servaient de demeure et d'ornement, moins encore même, une partie détachée qui devient pour nous une véritable énigme.

Quelquefois cependant on réussit à tirer parti des moindres vestiges, et parmi les nombreux exemples qui montrent qu'on peut

réussir dans cette tâche délicate, on ne pourrait en choisir un plus frappant que celui que fournissent les bélemnites. On désigne sous ce nom des corps allongés, durs et pierreux, coniques ou presque cylindriques, qui ressemblent à l'extrémité brisée d'une lance. Ce furent les travaux de MM. de Blainville et d'Orbigny qui établirent la nature véritable de ces singuliers fossiles, qu'on avait pris autrefois pour des pierres de foudre, des stalactites, des dattes pétrifiées, des dents d'animaux, des branches d'étoile de mer. La découverte faite en 1844, par M. Owen, d'échantillons très-complets, où l'animal entier est conservé, vérifia la justesse des aperçus et des rapprochements de MM. de Blainville et d'Orbigny. Nous savons aujourd'hui que ce qui est nommé ordinairement une bélemnite n'est que l'os intérieur d'un mollusque céphalopode analogue aux sèches et aux calmars actuels. Ce bout de lance brisé éveille désormais la pensée d'un puissant animal, avec une tête distincte du reste du corps, des yeux, une bouche armée de deux mâchoires cornées en forme de bec, qu'on retrouve encore quelquefois. Tout autour de la bouche s'agitaient dix bras flexibles et charnus; deux d'entre eux étaient extrêmement longs et bordés de sortes de ventouses à crochet qui permettaient à l'animal de saisir sa proie; deux grandes nageoires dessinaient comme un cœur au bout du rostre, logé dans l'extrémité inférieure du corps. On se représente ce mollusque singulier nageant la tête en arrière et fendant les eaux avec son rostre élançé, ou bien la tête en bas, rampant au fond de la mer en tous sens à l'aide de ses bras.

Le développement de la science nouvelle que l'on nomme aujourd'hui paléontologie a suivi des phases diverses qu'il ne sera pas inutile d'indiquer avant de nous placer en présence de quelques-unes des questions qui en ce moment sont l'objet principal de ses efforts. La paléontologie méritait à peine le nom de science à l'épo-

que où les coquilles fossiles n'étaient guère que des sujets de dessins, et servaient à faire des collections où ne présidait aucune classification rigoureuse. Elle ne sortit de cet état d'enfance qu'à la suite des premiers progrès de la géologie stratigraphique (1), dont Werner fut l'illustre fondateur, et avec l'aide de la zoologie. Depuis ce moment, elle a suivi en quelque sorte un double courant, suivant qu'elle était plus spécialement considérée comme une extension de la zoologie proprement dite, ou qu'on la subordonnait à l'étude des formations géologiques. C'est aux zoologistes, pour lesquels la classification des terrains à l'aide des fossiles n'a été qu'une question tout à fait secondaire, que la paléontologie doit sans contredit ses plus grands progrès, c'est grâce à eux qu'elle a pu servir d'auxiliaire utile à la stratigraphie. Lamarck a étudié le premier d'une manière vraiment scientifique les coquilles fossiles, sans se préoccuper le moins du monde de leur position géologique; on n'a jamais séparé complètement depuis les considérations géologiques des considérations zoologiques, mais ce sont certainement ces dernières qui ont agi le plus fortement sur l'esprit de Cuvier, de Geoffroy-Saint-Hilaire et de Blainville. L'ensemble des ossements et des coquilles fossiles a été pour eux un arsenal où ils allaient chercher des armes à l'appui de la théorie que leur avait d'abord suggérée l'ensemble des formes organiques actuellement existantes. La paléontologie venait pourtant apporter un élément tout nouveau dans la discussion ouverte sur les rapports qui unissent les diverses parties de la nature vivante; car si la zoologie recherche en quelque sorte rationnellement le lien qui unit tous les êtres actuels, la paléontologie en poursuit la trace à travers les temps et dans le développement chronologique

---

(1) Ou appliquée à l'étude de la superposition des couches terrestres.

des faunes. La plus fameuse tentative qui ait été faite pour relier ainsi le passé au présent est due à l'immortel auteur des *Recherches sur les animaux fossiles*, de l'*Anatomie comparée* et du *Règne animal*; mais les travaux que fit Cuvier sur les débris de faunes éteintes n'ont été entrepris en quelque sorte qu'au point de vue zoologique. De même Geoffroy-Saint-Hilaire exposa ses vues paléontologiques à l'appui de sa théorie philosophique de l'unité de plan du règne animal, et Blainville se servit de la paléontologie pour prouver la doctrine de la continuité des êtres. C'est l'illustre de Buch qui le premier tenta de mettre en parallèle évident la classification zoologique des êtres avec leur développement chronologique, observé dans la succession des terrains : cette idée féconde se trouve en germe dans ses travaux sur les ammonites et les brachiopodes. Agassiz s'en est depuis emparé, et ses beaux ouvrages sur les échinodermes et les poissons sont le développement de cette grande notion, sur laquelle nous aurons à revenir avec détail.

Les travaux paléontologiques se sont multipliés avec une telle abondance, qu'il serait difficile de les soumettre ici à un examen détaillé. Il est presque impossible de tracer dans un grand nombre des plus récents une ligne de démarcation tranchée entre ceux qui ne sont, à proprement parler, qu'une partie de la zoologie générale — et ceux qui ont spécialement pour but de fonder la classification des terrains sur les restes fossiles. Ces deux ordres de considérations se mêlent et se marient de plus en plus : on ne pourrait en citer de meilleurs exemples que les travaux de Murchison et de Sedgwick sur les terrains les plus anciens de l'Angleterre, — l'ouvrage fait en commun sur la géologie de la Russie par Murchison, M. de Verneuil et le comte Keyserling, — les savantes études de MM. Barrande, Deshayes, d'Orbigny. Je ne parle ni d'un grand nombre de monographies particulières, bornées à des districts

souvent très-limités et circonscrits, ni des listes de fossiles qui se multiplient chaque jour en tous les points de l'Europe, dans l'Amérique du Nord, et aujourd'hui déjà dans l'Inde et l'Australie.

La science représentée par des travaux si nombreux et si divers est malheureusement en proie à une sorte d'anarchie. Une scission existe en ce moment parmi les paléontologues au sujet de l'extension des espèces animales dans les formations géologiques. Les uns professent qu'une espèce animale est toujours renfermée dans une formation donnée, et les autres admettent que les espèces peuvent passer de l'une à l'autre, qu'il n'existe point zoologiquement de solution de continuité absolue entre des terrains séparés par une révolution du globe. D'un côté comme de l'autre, on est naturellement tenté d'interpréter les caractères des fossiles au profit de l'une ou de l'autre théorie, et la confusion s'augmente ainsi de ce qui devrait précisément la faire cesser. Pour sortir de ces difficultés, ce ne serait pas assez de connaître, même parfaitement, tous les êtres, leurs fonctions et leurs organes, et de pouvoir établir entre eux une échelle de subordination rationnelle ; il faudrait encore pouvoir interpréter d'une manière précise les rapports mystérieux qui unissent au monde inorganique l'ensemble des êtres animés, et savoir comment ces rapports sont modifiés par les grandes révolutions physiques qui se succèdent d'âge en âge.

La nature organique est régie par deux influences, — l'une lente et continue, — l'autre périodique, soudaine et, pour ainsi dire, désordonnée. C'est principalement sur les effets de la seconde de ces deux influences que l'attention des paléontologues a dû se porter. Avant de les suivre dans leurs recherches sur les révolutions de la nature, il faut dire cependant un mot de l'action des lois permanentes que ces grandes crises viennent troubler.

Pour analyser l'effet des causes permanentes, nous n'avons qu'à

jeter les yeux autour de nous : partout nous voyons que les formes organiques reçoivent l’empreinte des circonstances extérieures où elles se produisent, et dont l’ensemble complexe ne peut être mieux désigné que sous le nom de *climat*. Partout le nombre et la nature des espèces animales et végétales sont dans le rapport le plus intime avec les circonstances où ces espèces se développent. Il y a toutefois dans les lois de leur distribution certaines singularités remarquables, dont la vraie cause, indépendante du climat, nous échappe encore, et qui ont décidé les naturalistes à diviser les continents en grandes zones ou provinces d’habitation animale. Ces anomalies dans la répartition des êtres vivants se sont produites dans le passé comme elles se produisent dans le présent, et il paraît certain qu’on doit les rattacher à la configuration des continents. Les mers, les hautes chaînes de montagnes, les déserts, forment des barrières naturelles que les espèces ne peuvent dépasser. Les animaux marins eux-mêmes, malgré la mobilité de l’élément qui fait leur demeure, n’échappent pas à des interdictions de ce genre. Des isthmes extrêmement étroits, comme l’isthme de Suez, séparent quelquefois des populations marines presque entièrement différentes, et l’on sait qu’une extrême profondeur, comme celle qu’on trouve entre le cap Horn et le cap de Bonne-Espérance, forme dans la mer une barrière aussi infranchissable que les plus hautes montagnes peuvent l’être pour les animaux terrestres.

Les travaux les plus récents de la paléontologie semblent prouver qu’aux époques géologiques qui ont immédiatement précédé la nôtre, il existait déjà de grandes provinces naturelles, et on peut, dans ces faunes que l’on restaure, établir des subdivisions en rapport avec les continents d’alors. Dans son magnifique ouvrage sur l’histoire des mammifères fossiles de la Grande-Bretagne, le professeur Owen fait remarquer que tous les quadrupèdes fossiles d’Eu-

rope et d'Asie diffèrent de ceux de l'Amérique du Sud et de l'Australie, et qu'on trouve déjà dans l'ancien continent la tribu des éléphants, rhinocéros, ours, hyènes, chevaux, qui le caractérisent aujourd'hui. Les animaux, au contraire, qu'on a découverts dans les cavernes de l'Australie sont principalement des kanguroos, et ceux des pampas de l'Amérique du Sud sont presque tous analogues aux habitants actuels de ces régions. Les gigantesques ossements fossiles qu'on a découverts dans la Nouvelle-Zélande ont été rapportés par Owen à la famille des autruches, et de nos jours encore on trouve des troupes nombreuses d'oiseaux à ailes courtes appartenant à la même famille dans cette grande terre, qui ne possède aucun quadrupède indigène, pas même les kanguroos et les opossums, si répandus dans l'Australie, dont elle est voisine.

A mesure que les études paléontologiques se compléteront et embrasseront un champ plus étendu, on se trouvera sans doute obligé de reculer dans le passé ces grandes divisions naturelles, dont les limites s'écarteront de plus en plus des limites actuelles. Dans les époques les plus anciennes, la température était beaucoup plus uniforme sur le globe et les formes organiques étaient moins variées en passant du pôle à l'équateur ; mais les différences dont il est question ici ne sont pas de celles qui dépendent des climats mêmes. Si on les trouve moins tranchées, moins nombreuses dans les terrains, à mesure qu'ils sont plus anciens, c'est parce que la surface du globe terrestre était autrefois moins accidentée, la profondeur des mers moins inégale, le relief des continents et des îles plus uniforme. Chaque révolution du globe est accompagnée de destructions et de modifications dans les formes organiques, mais en même temps elle hérissé la surface de la terre de nouvelles inégalités et accentue davantage les anciennes ; elle modifie ainsi les limites des grandes provinces animales et en ajoute de nouvelles. A chaque période, on peut trouver dans l'inégale rétribution des espèces des

traits malheureusement obscurcis et souvent presque indéchiffrables de toutes les révolutions passées. Le lien le plus naturel unit ainsi l'étude des êtres qui ont vécu sur la terre à l'histoire de ces grandes révolutions physiques qui ont façonné leur changeante demeure, et que M. Élie de Beaumont a le premier su déchiffrer et lire dans les caractères grandioses des montagnes et des formes terrestres.

Pendant les longues périodes d'équilibre et d'harmonie universelle, où les relations extérieures ne s'altèrent jamais, il semble naturel de croire que les formes organiques ne doivent point se modifier. Il ne serait pourtant pas impossible que le développement des grandes familles animales fût subordonné à la lente influence du temps. Comme les individus que nous voyons naître, grandir et mourir, peut-être ne sont-elles douées que d'une vitalité bornée, qui s'épuise par l'action mystérieuse et destructive des siècles. C'est assez d'indiquer en passant une pareille conception, faite pour séduire les esprits qui aiment à élargir notre notion ordinaire de la vie, mais sur laquelle notre expérience bornée ne nous permet pas de nous prononcer. Si loin qui remontent les souvenirs et les traditions de l'humanité, nous ne pouvons trouver le plus faible indice d'un pareil changement : les squelettes des animaux que, par une superstition bizarre, les Égyptiens embaumaient il y a quatre mille ans, ressemblent dans leurs moindres détails à ceux des mêmes animaux aujourd'hui vivants. Les seules modifications que nous connaissions sont dues à l'activité humaine, qui s'introduit comme une force nouvelle dans la nature. L'homme a pu, en faisant passer certains animaux de l'état sauvage à l'état domestique, modifier quelques-uns de leurs caractères; mais, si longtemps qu'elle se prolonge, l'action de l'homme sur les animaux ne s'exerce en quelque sorte qu'à la superficie et ne pénètre jamais aux profondeurs mêmes de leur organisation, comme le prouve assez l'éton-

nante rapidité avec laquelle les animaux retournent à l'état sauvage, où s'effacent en quelques années les diversités et les nuances produites par des siècles de domesticité. Abandonnés à eux-mêmes, les êtres se perpétuent sans que rien modifie leurs caractères, les types se transmettent avec une inaltérable constance, et le développement de la vie organique participe de la régularité imprimée aux grands phénomènes du monde physique.

## II.

Il y a cependant des époques où ce calme séculaire est brusquement rompu. Des révolutions effrayantes, crises périodiques de notre terre, jettent une perturbation soudaine parmi tous les êtres animés. Pour en apprécier toute la violence, il suffit d'en indiquer l'origine. Au-dessous des parties solides qui forment nos continents et le lit de nos mers, et qu'on appelle avec raison l'enveloppe de notre globe, se trouve, à une profondeur extrêmement faible quand on la compare au rayon de la terre, un noyau intérieur en fusion et incandescent. La terre, sans cesse entraînée à travers des espaces dont la température est extrêmement basse (on l'estime à 60° centigrades environ au-dessous de zéro), se refroidit par un rayonnement lent, malgré la chaleur que lui envoie le soleil : les parties internes liquides se refroidissent, se contractent plus rapidement que l'écorce solide qui les entoure; mais cette enveloppe continue néanmoins, à cause de la pesanteur, à suivre le mouvement général de retrait; elle ne peut le faire pour ainsi dire qu'avec effort, en se comprimant latéralement, comme un ressort que l'on oblige à occuper moins de place. Les révolutions du globe ont d'ailleurs brisé l'enveloppe à tant de reprises et dans des directions si variées, que, suivant une ingénieuse comparaison de M. Élie de Beaumont, elle forme comme une mosaïque. Dans

le mouvement très-lent de recul qui l'entraîne tout entière, les diverses pièces qui la composent, toujours plus resserrées, jouent légèrement les unes dans les autres, comme pour se soulager mutuellement. Ce sont ces petits mouvements relatifs qui expliquent de la manière la plus plausible l'abaissement graduel ou l'élévation lente de certaines régions, que nous observons encore aujourd'hui en Scandinavie, au Spitzberg et en divers points du bassin méditerranéen. Les éruptions des volcans, véritables soupapes de sûreté de la terre, et les tremblements de terre, dernières vibrations des ondes souterraines, nous rappellent trop fréquemment l'instabilité du sol que nous habitons et de cet équilibre que notre esprit confiant voudrait croire éternel. Il nous est heureusement interdit de lui assigner une limite : quand on mesure l'immense épaisseur des couches qui se sont déposées au fond des anciens océans, on reconnaît l'impossibilité absolue de compter le temps qui a dû s'écouler pendant ces lentes accumulations. Le géologue peut aussi bien parler de siècles que d'années, d'âges que de siècles.

Quand les pressions qui agissent sur l'écorce solide de la terre, et qui s'accroissent d'une manière lente, mais continue, deviennent trop puissantes, l'équilibre séculaire est tout à coup rompu ; l'enveloppe trop longtemps comprimée finit par céder, les couches qui se déposaient horizontalement au fond des mers se soulèvent et se replient en montagnes, se déchirent, se retournent, ondulent comme les vagues gigantesques d'un océan solide, qui s'arrêtent et sont frappées d'immobilité sans pouvoir retomber. En même temps les parties fluides et intérieures du globe sont mises en communication avec l'atmosphère : elles ne s'échappent plus par des bouches minces comme les cratères de nos volcans, mais se frayent un passage entre les couches soulevées et rompues, et la fournaise souterraine vomit par d'immenses ouvertures les roches qui s'élaboraient lentement dans son sein. La formation des chaînes

de montagnes est en quelque sorte concentrée dans une zone qui trace comme une longue ceinture autour du globe ; mais toutes les pièces de la vaste mosaïque terrestre se mettent légèrement en mouvement, s'élèvent ou s'abaissent plus ou moins par suite de la détente subite de la pression qui les retenait. Des îles et des continents surgissent du fond des eaux ; d'autres s'abîment dans la mer, comme on le raconte de l'Atlantide de Platon ; une partie des anciens océans est laissée à sec ; leurs eaux sont rejetées en vagues gigantesques, dont les marées les plus puissantes ne peuvent donner qu'une faible idée, et submergent d'immenses contrées avec tous leurs habitants.

Dans ce déchaînement des forces naturelles, tous les êtres ne sont point atteints de la même manière ; les poissons et les mollusques périssent par milliers sur la vase des mers laissées à sec ; beaucoup d'animaux sont frappés de mort violente, les uns noyés, les autres arrachés à leur séjour, entraînés par des courants d'une vitesse et d'une force irrésistibles, et l'on trouve des couches entières formées de leurs débris confondus. Mais les soulèvements des montagnes n'exercent pas seulement des effets mécaniques et directs par l'agitation des mers, les chocs, les convulsions du sol, les éjections et les émanations souterraines ; ils répandent le trouble et le désordre dans la nature vivante tout entière. Comme le cercle qui se dessine et s'étend avec rapidité dans l'eau paisible où l'on jette une pierre, la perturbation s'étend de proche en proche jusque dans les régions les plus éloignées du théâtre principal du bouleversement. Il en est peu où il ne se produise une élévation ou un abaissement du sol plus ou moins considérable, et ces oscillations seules suffisent pour faire sortir les animaux, surtout les animaux marins, de la zone d'habitation qui leur est naturelle. Arrachés aux influences qui présidaient à leur paisible développement, ils se mêlent, se confondent dans leur commun effort pour

retrouver tout ce qui vient à leur manquer ; les liens qui les rattachaient auparavant s'enchevêtrent ou se déchirent ; le manque d'air, d'eau, de nourriture, continue ce que la force avait commencé.

Après ces crises violentes, le calme se rétablit par degrés, les mers retombent dans leurs nouveaux lits, les fleuves cherchent leur pente ; les débris arrachés et mêlés par l'action des vagues s'accumulent lentement ; ils retombent en couches horizontales au pied des couches qui ont été relevées et sur la surface des terrains anciens, souvent ravinés par l'action furieuse des courants. Aux lieux les plus éloignés de la région disloquée, ces accumulations s'étendent souvent sur les couches anciennes en couches parfaitement parallèles, comme s'il n'y avait eu aucune interruption entre les deux dépôts.

Le mot de terrain n'a pas en géologie le sens qu'on lui donne dans le langage ordinaire : on l'applique à l'ensemble complexe de tous les dépôts qui se forment entre deux révolutions du globe. On reconnaît fréquemment dans les parties les plus inférieures d'un terrain, composées de débris grossièrement mélangés, la trace d'une agitation violente ; mais on trouve bientôt, à la partie supérieure, des couches où le dépôt régulier de nombreux restes d'animaux signale le commencement d'une nouvelle période de calme, favorable au développement de la vie organique.

La faune qui suit un de ces cataclysmes diffère, par un ensemble de caractères plus ou moins frappant, de celle qui l'avait précédée. Ce fait si remarquable est actuellement établi sur des preuves si multipliées, que l'on ne peut plus différer que sur l'explication d'un changement si extraordinaire dans les formes organiques.

L'apparition sur la terre d'êtres nouveaux est pourtant un phénomène si étrange, si mystérieux, que certains esprits se refusent encore à l'admettre. Ils aiment mieux supposer que les animaux dé-

couverts dans un terrain, et qui manquent dans celui qui l'a précédé, existaient déjà quand ce dernier terrain se déposait, mais en d'autres lieux qui nous sont encore inconnus, dans des zones que nous n'avons pas encore découvertes. Dans cette hypothèse, les animaux se déplacent d'une époque à l'autre, et c'est à ces grandes migrations, à ces mouvements qui s'opèrent dans la distribution des êtres, qu'il faut attribuer la variété des formes organiques qu'on observe dans les couches diverses qui composent le sol d'une même région. La terre n'a été fouillée jusqu'ici que dans une zone relativement assez étroite et dans quelques points seulement, et quand on aurait retrouvé tous les vestiges des temps passés sur la surface entière de tous les continents et de toutes les fles, sur les flancs et dans les anfractuosités de toutes les montagnes, — les couches qui servent de lit aux mers ou qui demeurent enfouies aux profondeurs que ni les travaux de l'homme, ni les accidents physiques ne nous permettent d'atteindre, garderont éternellement leur secret.

Ainsi cette doctrine se fait une arme de notre ignorance même et de l'impossibilité où nous nous trouvons de pouvoir étendre nos observations au delà de limites très-restreintes. Elle triomphe encore de la découverte accidentelle de quelques animaux que l'on rencontre dans les terrains où l'on s'était habitué à croire qu'ils ne pouvaient se trouver. On peut citer, entre autres, les restes de singes découverts dans les terrains tertiaires d'Angleterre, de France, de Grèce, de l'Inde et du Brésil, les dents de mammifères contenues dans le terrain triasique (1) du Wurtemberg, les em-

---

(1) On appelle *terrain triasique* ou *trias* le terrain qui s'est déposé au début de la période secondaire intermédiaire entre le dépôt des terrains les plus anciens dits paléozoïques, et le dépôt des terrains tertiaires et

preintes de pieds d'oiseaux du *trias* de l'Amérique du Nord, les impressions découvertes dans le haut Canada, dans les grès qui se trouvent à la base du terrain silurien, et que M. Owen a rapportées d'abord à un reptile de l'ordre des chéloniens (tortues). Ces exemples sont bien faits pour prouver qu'il ne faut point se hâter de poser dans le passé des limites à l'existence de certaines classes d'animaux, et qu'il est imprudent de fixer l'époque de leur apparition sur la terre; mais peut-on en conclure légitimement que toutes les classes, tous les ordres, tous les genres, toutes les espèces même, y ont apparu simultanément? Comment se fait-il que, parmi ces multitudes d'êtres innombrables, nous n'en retrouvons jamais qu'un nombre déterminé dans chaque terrain? Le terrain silurien, par exemple, offre les mêmes types principaux en Europe, au Groënland, au cap de Bonne-Espérance, dans l'Amérique du Nord et du Sud, dans l'Inde, en Asie, en Australie. Ces observations, encore limitées il est vrai, mais faites en des points si divers, ne semblent-elles pas ranger contre l'hypothèse de l'apparition simultanée des êtres le simple calcul des probabilités, si on voulait l'appliquer à un pareil sujet?

Parmi ceux qui admettent l'apparition d'êtres nouveaux sur le

modernes. Voici du reste la liste abrégée des terrains géologiques :

Terrains modernes.....

Terrains tertiaires.....

Terrains secondaires..	}	Terrain crétacé,
		— jurassique,
		— triasique.
Terrains paléozoïques..	}	Terrain permien,
		— carbonifère,
		— dévonien, — silurien.

globe à diverses époques, les opinions sont aussi partagées. Cette question, qui a tant passionné les naturalistes, est également faite pour intéresser les philosophes et les théologiens. Il s'agit en effet de savoir si, l'intervention directe d'une volonté et d'une puissance supérieure étant nécessaire pour rendre compte de l'apparition des êtres vivants dans le monde inorganique, la matière organisée a été douée de propriétés telles, qu'elle puisse se transformer, se plier aux nécessités changeantes du milieu où elle s'agit, — en un mot se suffire à elle-même ; — ou si, les espèces étant absolument invariables, toute révolution dans les conditions physiques pour lesquelles elles étaient formées entraîne l'anéantissement complet de tous les êtres. Dans cette dernière hypothèse, la vie ne serait entretenue que par des créations successives, travail toujours nouveau d'une force qui recommence d'un côté ce qu'elle détruit de l'autre.

Quand on recule devant l'obligation d'admettre ces interventions multipliées, on se trouve forcément rejeté vers la croyance opposée. Il faut alors admettre que les espèces, invariables aussi longtemps que rien ne varie autour d'elles, peuvent néanmoins subir certaines modifications sous l'empire d'influences nouvelles dont notre ignorance saisit encore bien imparfaitement la nature et la puissance. Si les formes organiques sont demeurées les mêmes depuis nos jours jusqu'aux temps les plus reculés où nous ramèment les souvenirs et les monuments humains, il faut en conclure non qu'elles ne peuvent se modifier, mais que rien n'est venu les y contraindre, et que le monde physique n'a point changé dans cet intervalle, si long pour nos humbles pensées, si court dans l'histoire de notre planète.

Admettre que les animaux se prêtent à de véritables métamorphoses, et se dépouillent de leurs caractères principaux quand on se contente de changer leurs habitudes, est une exagération que

personne n'est plus aujourd'hui disposé à soutenir; mais il y a loin d'une semblable erreur à reconnaître que la révolution générale produite dans toutes les grandes relations naturelles par le phénomène du soulèvement des montagnes peut entraîner des modifications dans les formes organiques qui échappent à la destruction. En acceptant la belle théorie philosophique qui subordonne l'invariabilité des espèces à celle des phénomènes du monde physique, on se trouve amené à établir un lien de filiation naturelle entre les animaux des différents terrains.

Ce n'est point acculer cette conception à l'absurde que de se récrier sur l'impossibilité d'admettre qu'un mammifère, un singe par exemple, descende, n'importe comment, d'une huître ou d'un poisson. Une pareille objection, ou, pour mieux dire, une interprétation aussi forcée, ne peut naître que dans les esprits peu familiarisés avec la notion véritable d'une série organique.

Un chimiste vous présente deux corps : leurs propriétés sont complètement différentes. L'un est en cristaux parfaitement réguliers; l'autre, gazeux, est enfermé dans un ballon. Ni leur couleur ni leur odeur ne sont semblables. Le premier jouit des propriétés des bases, le second est acide. Ces deux substances n'ont en apparence rien de commun; pourtant le chimiste vous expliquera comment il a obtenu l'une au moyen de l'autre, en y faisant entrer une substance nouvelle, en quantité d'abord faible, puis de plus en plus considérable, ou en retirant des proportions de plus en plus fortes d'un corps simple qui entrait dans la composition primitive. Il mettra sous vos yeux la suite nombreuse de ces produits. Dans deux termes voisins, vous reconnaîtrez immédiatement la parenté intime qui, dans les termes extrêmes présentés isolément, vous avait complètement échappé. Est-ce à dire pour cela qu'il faille essayer, par des additions ou des soustrac-

tions de matière, de convertir de l'or en fer, de l'oxygène en hydrogène, de la potasse en acide sulfurique? Parce qu'il existe des séries organiques parfaitement définies, en résulte-t-il qu'on puisse ranger tous les corps dans une série unique et discontinue? Les modifications successives et graduées ne s'opèrent qu'entre les termes d'un même groupe rationnel; mais ces groupes sont nombreux : très-éloignés dans certains termes, ils se rapprochent dans d'autres; ils sont tous régis par certaines lois particulières, bien que dans l'ensemble des caractères ils puissent présenter des analogies plus ou moins marquées.

Les êtres doués de vie se groupent de même en séries multiples. On comprendrait mal la nature, et l'on se laisserait entraîner trop loin par cette préoccupation extrême du principe de l'unité, que l'on est toujours tenté d'y chercher, si l'on croyait que, dans l'ordre de leur apparition sur le globe et de leur développement, les animaux divers forment comme les anneaux d'une chaîne immense et continue, depuis cette limite confuse où la matière organique se distingue à peine de la matière inerte jusqu'aux formes les plus parfaites que nous connaissions. Les êtres organisés se partagent en différentes séries qui rayonnent d'un centre commun. Les grandes divisions que l'on marque dans nos classifications ne sont pas purement arbitraires et conventionnelles, elles répondent à l'indépendance et à la divergence de ces séries. Seulement les découvertes les plus récentes de la zoologie ont établi que les caractères qui les séparent ne sont parfaitement nets et tranchés que dans les termes supérieurs, et qu'ils se dégradent de plus en plus à mesure qu'on se rapproche de leur origine commune. Les transformations qui atteignent les êtres engagés en quelque sorte dans une de ces voies divergentes ne peuvent s'opérer que dans une direction donnée, et dès que leur essor est déterminé, aucune métamorphose ne peut les re-

jeter dans une voie différente ; mais à ce centre commun, où elles viennent toutes aboutir, répond comme un monde confus, où les caractères demeurent encore indistincts, où les organismes et souvent les individus ne sont pas encore séparés. Il semble que la nature animée s'y tienne prête à revêtir toutes les formes dont la nature physique permettra le développement, à les varier suivant les nécessités inflexibles qu'elle lui impose, et qui se modifient d'âge en âge à la suite des grands événements qui bouleversent notre terre.

L'étude des animaux les plus infimes, autrefois si négligée, mais poursuivie aujourd'hui avec ardeur par des observateurs habiles et nombreux, est parvenue ainsi à jeter un jour nouveau sur les véritables rapports des êtres et sur les lois générales qui président au développement de la matière organique. Cette étude offre d'ailleurs un intérêt tout particulier au géologue, parce que ce sont les restes des animaux inférieurs qui ont fourni le plus de matériaux pour la composition même des terrains, et l'on pourrait presque dire en termes généraux qu'ils sont d'autant moins abondants que les animaux appartiennent à des classes plus élevées. Les ossements des mammifères sont rares, et ne se rencontrent qu'accidentellement en amas considérables, dans la grotte de San-Ciro, près de Palerme, celle de Kirkdale en Angleterre, celles du midi de la France, de l'Allemagne, de la Belgique. Les localités où l'on trouve en quelque abondance des restes de reptiles et de poissons sont aussi fort limitées : ce sont les environs de Lyme Regis en Angleterre, Solenhofen en Bavière, Glaris en Suisse, le Mont-Bolca en Italie. Au contraire, les crustacés dans les terrains extrêmement anciens, les mollusques dans toute l'épaisseur et l'étendue des terrains géologiques, se rencontrent en extrême abondance : les coquilles de ces derniers, répandues dans toutes les formations, y forment souvent de vé-

ritables couches qui s'étendent à de vastes distances. On trouve enfin des accumulations énormes déposées par des polypiers, et l'on reconnaît encore dans la structure des roches la disposition de ces réseaux arborescents dont les loges étaient autrefois occupées par de petits animaux, véritables cellules vivantes, groupées pour former un tronc commun. De nos jours ils bâtissent lentement leur demeure dans la mer Rouge, dans l'océan Pacifique, sur les côtes de l'Afrique, de l'Amérique, de l'Australie, de la Nouvelle-Calédonie, sur les récifs et les *atolls* de l'océan Indien. Les fles Bermudes, Maldives, Laquedives, Chagos, ne sont que les crêtes les plus élevées de vastes chaînes coralliennes.

Descendons encore plus bas, arrivons à ces formes microscopiques que l'on comprend sous le nom général d'infusoires; les uns forment un sable siliceux, fin, blanc, presque impalpable. La grande plaine de l'Allemagne septentrionale est sur une grande surface recouverte par ces infusoires, en partie seulement fossiles, d'après le savant prussien Ehrenberg. Ce sont les infusoires marins calcaires qui ont créé les dépôts les plus considérables, surtout dans le terrain crétacé et dans les terrains tertiaires. Ehrenberg a le premier débrouillé ce monde nouveau, il a classé ces petits êtres, qui présentent les formes les plus singulières et les plus variées. Quelques coquilles du groupe le plus important de tous, celui des foraminifères, ressemblent, sous l'action grossissante du microscope, à la coquille cloisonnée des nautilus. La coquille entière est percée de pores innombrables qui laissent passer des pieds mobiles en forme de racine. Les plus grands de tous les foraminifères sont les nummulites, ainsi nommés parce qu'ils ont l'apparence d'une pièce de monnaie. L'immense formation qui porte, à cause de leur abondance, le nom de nummulitique, atteint souvent une épaisseur vraiment gigantesque, et s'étend dans la partie méridionale de l'Europe, des Alpes aux Apennins, dans les

Carpathes, dans le Maroc, l'Algérie, l'Égypte, l'Asie Mineure, la Perse, et jusque dans l'Inde.

### III.

Les formes organiques, immuables aussi longtemps que le monde physique ne s'altère point lui-même, se modifient d'âge en âge à la suite des révolutions qui bouleversent les anciennes relations naturelles et en inaugurent de nouvelles. Est-il possible, quand on les suit à travers tous les terrains géologiques, de découvrir la loi de ce développement dont chaque phase est mesurée par une suite incalculable de siècles? Peut-on observer dans cette série de changements une loi de progrès que l'homme aimerait à retrouver dans la nature entière, comme il s'attache à la poursuivre dans l'histoire de sa propre race? Que faut-il d'ailleurs entendre par ce mot de progrès appliqué à la succession des formes sous lesquelles la vie se manifeste? La zoologie moderne nous a appris que les animaux en apparence les plus infimes présentent souvent une organisation très-délicate et très-complexe. Dans tous les êtres animés, les organes, c'est-à-dire les instruments à l'aide desquels s'accomplissent les fonctions vitales, s'adaptent de la manière la plus admirable à la nature même de ces fonctions; mais plus le nombre et l'importance de ces fonctions s'accroissent, plus les organes se séparent et deviennent spéciaux, plus aussi l'animal s'élève dans la série à laquelle il appartient. Ainsi c'est la division plus ou moins complète du travail organique qui est le fondement de la véritable hiérarchie animale.

Ce principe de hiérarchie et de subordination doit d'ailleurs s'appliquer à l'ensemble même des grandes séries animales de même qu'aux espèces qui les composent. On peut comparer ces grandes séries à des rayons qui s'échappent d'un même foyer,

mais dont les grandeurs sont très-inégales, car les animaux les plus élevés d'une série peuvent présenter un organisme plus distinct et plus parfait que celui des animaux qui occupent les rangs les plus bas d'une série supérieure, dans son ensemble, à la première. Ce n'est qu'en se pénétrant de cette subordination plus générale qu'on retrouve, dans l'ordre d'apparition des êtres, la trace et le véritable sens du progrès qui s'est opéré dans le développement des formes organiques : on risquerait autrement de se heurter contre les anomalies les plus bizarres et les plus inexplicables. On rechercherait en vain l'indice d'un progrès continu dans le développement de toutes les familles considérées isolément, et le progrès ne se manifeste que dans l'ordre de succession des grandes classes animales qui ont été successivement prédominantes sur le globe.

Chacune des périodes de l'histoire de notre globe est en effet caractérisée par une faune particulière où, dans la multitude et la confusion des êtres, on finit par reconnaître la suprématie de certains d'entre eux. Quand les révolutions du globe ont altéré profondément les relations naturelles, l'empire passe à d'autres formes organiques déjà mises pour ainsi dire à l'essai par la nature, et dont nous retrouvons quelques rares représentants dans les couches qui s'étaient déposées à la fin de l'époque précédente. Ces formes prennent bientôt un développement extraordinaire, et par leur abondance, leur variété, leur puissance, impriment à l'ère nouvelle un caractère spécial. Celles qui étaient autrefois prédominantes sont souvent mises au rebut, se détériorent, se dégradent; les genres finissent par disparaître ou se trouvent réduits à quelques espèces, parfois à une seule, isolée et comme perdue au milieu d'êtres nouveaux. Cependant les types supérieurs particuliers aux diverses époques se rapprochent toujours d'une plus grande perfection organique, et ce n'est qu'en contemplant cette

longue succession dans toute son étendue qu'on perd de vue les décadences partielles, et qu'on arrive à saisir la trace du vrai progrès naturel.

Quelque chose d'analogue se retrouve dans l'histoire de l'humanité elle-même. Que de contrées, aujourd'hui frappées d'abandon, ont été autrefois habitées par des nations puissantes, dont les monuments, les langues, les religions, sont devenus pour nous des énigmes ! Dans l'antique Égypte, la population des vivants n'est rien auprès de ce peuple de morts oublié dans l'humide silence des demeures souterraines : le sable du désert s'accumule chaque jour autour des colonnes, des obélisques, des propylées, des temples, dont les ruines nous imposent encore, après tant de siècles, ce respect qui frappait Hérodote au temps où les foules pressées venaient y recevoir l'enseignement sacré des prêtres qui avaient initié l'historien grec à quelques-uns de leurs secrets. A Ninive, c'est sous le sol même, formé de débris accumulés, qu'il a fallu chercher ces taureaux ailés, à tête humaine, symboles gigantesques de la force physique unie à l'intelligence, et ces bas-reliefs innombrables où se lisent les mœurs, les guerres, les arts d'un peuple autrefois redouté, et dont pendant si longtemps la trace même avait été effacée. Ainsi partout nous trouvons des monuments des décadences humaines : en Asie, en Afrique, en Italie, dans cette Grèce où chaque pierre, chaque débris nous offre encore les modèles de la plus simple, de la plus pure beauté que le regard humain pourra jamais contempler. Que de plaintes découragées, de retours sur le néant de l'homme n'ont pas arrachés aux voyageurs et aux poètes ces ruines des civilisations anciennes ! Mais dans leur confusion même on retrouve la trace du progrès : l'étincelle qui s'éteint en un point et se rallume ailleurs plus sereine et plus brillante. A travers les défaillances, les destructions du temps, les violences des hommes, le

genre humain poursuit sa laborieuse destinée et s'avance vers un idéal de grandeur et de perfection morale toujours plus élevé.

Il ne peut entrer dans les limites de cette étude d'énumérer toutes les familles animales qui se sont succédé sur le globe aux différentes périodes géologiques. D'ailleurs, pour retrouver la loi du progrès qui s'est opéré dans la nature animale, il suffit presque de noter quelques traits épars de ce vaste tableau, et la grandeur des pensées qu'il éveille naturellement fera peut-être pardonner l'imperfection et la grossièreté des contours.

Le plus ancien terrain dont la faune nous soit aujourd'hui connue est celui que Murchison désigna sous le nom de *silurien*. Il fut d'abord étudié dans cette partie de l'Angleterre qui forme l'ancien pays des Silures, et retrouvé plus tard en France, en Portugal, en Espagne, en Bohême, en Scandinavie, en Russie, aux États-Unis d'Amérique. Aucune raison concluante n'autorise à admettre que ce terrain soit celui dont le dépôt ait coïncidé avec l'apparition de la vie animale sur le globe, et l'on a même trouvé déjà quelques restes de zoophytes dans des terrains plus anciens et réputés azoïques, c'est-à-dire sans fossiles. Quoi qu'il en soit, cette faune est en fait la plus ancienne qui nous soit connue, et les travaux de Murchison, de M. Barrande, de M. de Verneuil, lui ont acquis dans ces dernières années parmi les géologues une sorte de popularité, qu'elle mérite bien d'ailleurs par l'antiquité comme par le nombre et la singularité des êtres qui la composent.

Les continents de l'époque silurienne avaient des formes beaucoup plus simples que ceux d'aujourd'hui; c'étaient d'immenses et monotones plateaux faiblement élevés, de grandes îles basses aux côtes peu accidentées. Le lit des mers avait de même une profondeur presque uniforme. La simplicité de ces traits physiques se retrouve dans la distribution des êtres, et la chaleur

égale qui régnait alors sur toutes les parties du globe contribuait à rendre cette répartition plus régulière. Constamment lavés par les pluies torrentielles qui entraînaient les matériaux des immenses accumulations de cette époque, ces continents n'étaient pas encore propres au développement de la vie organique. Aussi n'y trouve-t-on jamais de trace de plantes ou d'animaux terrestres : la faune silurienne est essentiellement marine ; mais dans ces mers anciennes ne vivait encore aucun poisson, et l'on n'y trouve qu'une grande profusion de crustacés, de mollusques et de zoophytes.

Parmi les animaux de cette époque, il y en a d'extrêmement remarquables, et ce sont précisément ceux qui ont exercé une prédominance incontestable et imprimé à la faune entière son caractère principal. Quels singuliers animaux que les trilobites avec leur tête aplatie, leurs yeux à facettes, leurs anneaux ! Ils habitaient en foule les mers siluriennes : dans ses belles recherches sur le terrain silurien de Bohême, M. Barrande n'en a pas signalé moins de deux cents espèces différentes, et ils forment presque en totalité la faune qu'il appelle primordiale. Quelle admirable structure que celle des nautiliens avec leurs chambres cloisonnées et leur coquille couverte des ornements les plus variés ! Ces rois de la mer, les plus parfaits de tous les mollusques, atteignaient souvent des proportions énormes et présentaient les formes les plus diverses, pendant la période paléozoïque, depuis l'orthocère droite jusqu'au nautilé complètement enroulé. Les mollusques brachiopodes, les premiers des mollusques sans tête distincte, étaient abondamment représentés dans les mers siluriennes par les orthides, les pentamères, les lingules, petits animaux qui ont traversé toute l'immense série des terrains géologiques (1).

---

(1) C'est la lingule des Philippines qui a servi à Cuvier pour établir l'anatomie des brachiopodes.

Toutes ces formes ne le cèdent en rien aux formes analogues actuelles, et bien loin d'apercevoir un mouvement ascendant dans l'ordre où elles se sont développées, on voit au contraire que la décadence, la destruction même, sont venues frapper le plus grand nombre d'entre elles. Les trilobites n'ont pas survécu à la fin de la période paléozoïque; les nautiliens furent réduits peu à peu au seul genre *nautilé*, qui a traversé toutes les époques, mais qui n'est plus représenté de nos jours que par une seule espèce.

Dès la fin de l'époque silurienne, on trouve déjà comme avant-coureurs quelques vestiges de poissons cartilagineux; mais c'est la période dévonienne qui est surtout caractérisée par une abondance de grands poissons aux formes les plus bizarres: leur tête était obtuse et aplatie, leur corps protégé par de grandes plaques superficielles, qui formaient comme une cuirasse ou un squelette extérieur. Parmi les plus bizarres, on peut citer celui que Hugh Miller, le carrier géologue, a si bien décrit dans son livre populaire, *le Vieux Grès rouge*, — couvert d'écailles comme une tortue, portant deux grandes défenses de chaque côté du corps et n'ayant que la queue pour organe de locomotion.

Tout le monde a pu observer que la nageoire de la queue d'un poisson est parfaitement symétrique et que les vertèbres s'arrêtent où la nageoire commence. Tous ceux de l'époque paléozoïque sont au contraire caractérisés par la nageoire de la queue non symétrique et le prolongement des vertèbres le long du lobe supérieur de cette nageoire. Leur squelette intérieur était réduit d'abord à une simple corde dorsale cartilagineuse. Peu à peu on voit les vertèbres se développer, s'ossifier en quelque sorte. L'époque carbonifère est remarquable par une grande quantité de poissons forts et voraces, dont l'ostéologie rappelle beaucoup les grands reptiles sauriens par la suture des os du squelette, les grandes dents striées et la disposition de la colonne vertébrale.

Après la période paléozoïque, la nature semble faire un pas décisif ; les types primitifs ont disparu et sont remplacés par des types génériques nouveaux qui se continuent pendant la période secondaire. Les poissons des terrains jurassiques commencent à montrer une nageoire caudale symétrique, et leur tête présente des formes effilées, au lieu des formes massives particulières aux premiers. Enfin, aux débuts de la période crétacée, apparaissent les véritables poissons osseux, offrant toutes les particularités que nous observons dans ceux de nos fleuves et de nos mers actuelles.

Il est peu de classes animales où l'on puisse étudier le développement organique des formes aussi bien que chez les poissons, et M. Agassiz, le célèbre auteur de l'*Histoire des Poissons fossiles*, a même cru pouvoir le comparer au développement embryonnaire des individus. Dans cette hypothèse hardie, qu'il étend aujourd'hui à tous les êtres, la vie de chacun d'eux donnerait dans ses diverses phases comme une représentation réduite de l'histoire de la race entière à laquelle il appartient. « C'est un fait, écrivait récemment M. Agassiz à M. Élie de Beaumont, que je puis maintenant proclamer dans la plus grande généralité, que les embryons et les jeunes de tous les animaux vivants, à quelque classe qu'ils appartiennent, sont la vivante image en miniature des représentants fossiles des mêmes familles, ou, en d'autres termes, que les fossiles des époques antérieures sont les prototypes des différents modes de développement des êtres vivants dans leurs phases embryologiques. »

Les reptiles se placent dans nos classifications à la suite des poissons. Dans le terrain dévonien, où ces derniers sont en si grande abondance, on n'a trouvé jusqu'ici qu'un seul squelette de reptile, que M. Mantell a rapporté à l'ordre des batraciens. Cette découverte toute récente a coïncidé à peu près avec celle

d'empreintes de pas trouvées par M. Logan dans le haut Canada, à la base même du terrain silurien, et que M. Owen avait cru d'abord pouvoir rapporter à des tortues. L'examen de nouvelles empreintes plus parfaites l'a fait depuis revenir sur sa première opinion, et il les rapporte aujourd'hui à des crustacés. Ce deuxième jugement a un peu refroidi l'empressement avec lequel on avait opposé à la théorie du développement progressif des êtres cette découverte, faite dans les couches les plus anciennes où l'on ait trouvé des fossiles, de restes de reptiles antérieurs à des restes de poissons; mais cette antériorité, lors même qu'elle eût été réelle, aurait simplement prouvé qu'on n'a pas le droit de ranger les poissons et les reptiles dans une série continue, dont ceux-ci seraient les termes supérieurs. Ces deux séries se sont développées concurremment et avec des fortunes diverses: il se peut bien qu'il y ait eu déjà des tortues à une époque où n'existaient sans doute que des poissons analogues à nos amphioxus, qui ne pouvaient laisser dans les terrains aucune trace de leur existence. Toutefois le règne véritable des poissons a été la période paléozoïque, et en particulier la période dévonienne. Le règne des reptiles, dont la série peut, dans l'ensemble de ses caractères, être considérée comme supérieure à celle des poissons, n'est venu que plus tard. C'est dans cette succession seulement qu'il faut chercher le véritable progrès naturel:

Il n'y a que peu d'années qu'on a découvert dans le terrain carbonifère quelques restes de reptiles, en Bavière, dans le bassin houiller de Saarbruck, et en Pensylvanie; ceux du terrain permien (1) ne sont guère plus nombreux, et ce n'est que dans

---

(1) Ainsi nommé parce qu'il a été reconnu pour la première fois dans le gouvernement de Perm, en Russie.

le *trius* qu'ils commencent réellement à se montrer. C'est à cette époque que vivait ce formidable batracien à tête de crocodile, dont les pattes laissaient sur la vase une empreinte presque semblable à celle d'une main humaine; mais c'est au début de la période jurassique que les reptiles devinrent extrêmement abondants. On en trouve parfois des squelettes entiers, parfaitement conservés. Ces grands sauriens ou crocodiles de la mer, aux pattes converties en nageoires, étaient aussi forts et agiles que voraces; leurs longues mâchoires étaient hérissées de dents aiguës; leur œil mobile se retournait en tous sens dans une cavité beaucoup plus grande que lui, et leur permettait de guetter facilement leur proie. Les plus puissants avaient le cou assez court, mais la tête énorme; les autres avaient une tête beaucoup plus petite, mais leur cou long et mobile s'agitait comme celui d'un serpent.

C'est dans une partie un peu plus élevée du terrain jurassique qu'on a retrouvé les restes d'un animal singulier, dont les formes rappellent véritablement les monstres et les chimères de la Fable. Pendant longtemps, on a hésité à le ranger parmi les oiseaux, les reptiles ou les mammifères; les mâchoires de sa tête gigantesque portaient des dents acérées; son cou était long et fort, mais le dos et la queue étaient relativement assez grêles; ses pieds de devant étaient formés par quatre doigts minces terminés par des griffes; le cinquième avait une longueur démesurée supérieure à celle du corps entier. Ce développement extraordinaire des doigts rappelle l'aile des chauves-souris; aussi admet-on généralement aujourd'hui que cet être bizarre était un reptile volant.

Pendant la période jurassique, on voit apparaître beaucoup de véritables crocodiliens: leur tête est d'ordinaire extrêmement allongée, et la forme de leurs dents rappelle un peu le gavial

actuel du Gange. Les reptiles sont encore très-abondants pendant la période suivante, et l'on y trouve, avec les débris de grands sauriens et de crocodiliens, ceux d'un gigantesque reptile terrestre, ayant quelque analogie avec les modernes iguanes, qui portent une crête sur le dos et un goître sous la gorge. Cet animal atteignait jusqu'à dix ou douze mètres de longueur, et son fémur avait jusqu'à deux pieds de circonférence. Dans la craie de Maëstricht, on a trouvé aussi le squelette presque entier d'un autre reptile gigantesque, dont la tête avait quatre pieds de longueur, et qu'on nomme communément le *grand animal de Maëstricht*.

L'ère des reptiles expire avec la fin de la période secondaire : dans les terrains tertiaires, les formes monstrueuses ont disparu, et l'on ne trouve que des types actuels. De nos jours enfin, les sauriens eux-mêmes sont en quelque sorte confinés dans les pays les plus chauds, et il ne faudrait qu'un faible abaissement de température pour les faire tous périr.

Le développement graduel des mammifères offre peut-être encore plus d'intérêt que celui des classes précédentes. Les premiers vestiges qu'on ait cru pouvoir leur rapporter remontent à la partie supérieure du trias : ce sont quelques dents trouvées en Allemagne; mais il faut ajouter qu'Owen, qui aujourd'hui et à bon droit fait autorité en anatomie comparée, n'a pas cru pouvoir les caractériser. Des restes vraiment incontestables de mammifères ont été trouvés dès longtemps dans le terrain jurassique, et c'est cet illustre naturaliste qui les a déterminés. Il est bien digne de remarque qu'un grand nombre des mammifères jurassiques appartiennent à cette classe qu'on pourrait nommer des mammifères imparfaits ou didelphes, où les petits sont greffés à la mamelle de leur mère, et qui de nos jours habitent la Nouvelle-Hollande en si grande abondance. L'analogie entre la faune et la

flore de ce vaste continent et celles des terrains jurassiques est une des particularités les plus singulières qui le caractérisent : il semble qu'il ait presque échappé depuis cette époque si reculée à l'action des révolutions du globe, et sa composition géologique dans les parties où elle est connue semble jusqu'ici le prouver. Les terrains secondaires manquent dans la Nouvelle-Galles du Sud, et pendant que les terrains jurassique et crétacé se formaient au fond des mers en Europe, en Asie, en Amérique, en Afrique, les formations paléozoïques d'Australie demeuraient à sec ; depuis, elles n'ont été recouvertes sur une partie que par une frange mince de terrains tertiaires.

Avec l'époque tertiaire commence l'ère des mammifères : sauf quelques représentants des autres familles, on trouve surtout à l'origine une abondance extraordinaire de ces animaux, à cuir épais, que l'on nomme pachydermes. Dans le terrain gypseux parisien, on n'en a pas compté moins d'une quarantaine d'espèces, dont quatre seulement ont leurs analogues dans l'Amérique méridionale, dans l'Inde et dans la colonie du Cap. Cette tribu si nombreuse habitait les vastes jungles, les marécages, les plaines basses, le bord des rivières et des lacs de l'époque tertiaire. Les travaux mémorables de Cuvier ont attaché une grande célébrité à quelques-uns de ces animaux. Le paléothérium, à formes assez épaisses, intermédiaire entre les rhinocéros et les tapirs, avait une large tête terminée par une petite trompe : sa taille variait singulièrement d'une espèce à l'autre, depuis celle d'un cheval jusqu'à celle d'un mouton ou même d'un lièvre. Il faut citer encore l'anoplothérium aux formes plus élancées, de la grandeur d'un âne ; le lophiodon, plus analogue encore aux tapirs que les précédents ; l'antracothérium, plus voisin du cochon.

La série des pachydermes forme un groupe aussi nombreux que nuancé, dont le développement s'est poursuivi sans aucune inter-

ruption. Les éléphants ont eu pour précurseurs les mastodontes ou mammouths, dont les restes se retrouvent en Europe, mais abondent surtout dans l'Amérique du Nord et la Sibérie, où certaines régions en sont littéralement couvertes. Dans la vallée de l'Ohio, les fermiers trouvent, en fouillant le sol, des squelettes entiers du mastodonte géant, et tout le monde sait qu'on a déterré en Sibérie des individus encore couverts de leur peau et d'une laine mélangée de poils raides et durs. Après les mastodontes ont apparu les éléphants proprement dits, les rhinocéros, qui les accompagnent toujours et dans le crâne desquels l'imagination populaire crut quelquefois retrouver un débris du fameux roc des *Mille et une nuits*, — une foule d'animaux du genre porc, les hippopotames, et enfin les solipèdes, prédécesseurs du cheval actuel.

L'ordre des édentés n'est aujourd'hui représenté que par les paresseux de l'Amérique méridionale, les tatous, les fourmiliers, les petits monotrèmes de la Nouvelle-Hollande et de la Terre de Van-Diemen. Pendant la période tertiaire moyenne, les animaux de cet ordre atteignaient des proportions extraordinaires. Alors comme aujourd'hui, c'est dans le continent américain que ce type avait surtout pris son principal développement. Comme celle des *paresseux* modernes, la nourriture des animaux gigantesques dont les ossements sont semés dans les pampas était végétale; seulement quelques-uns d'entre eux, presque aussi gros que des éléphants, déracinaient des arbres entiers en s'asseyant sur leurs massives pattes de derrière et leur forte queue, et en s'aidant de leurs pattes de devant, armées d'ongles énormes.

Les ruminants n'ont présenté, dès le début, que des formes analogues aux formes actuelles : quelques-uns seulement font exception, comme ce singulier animal qui vivait dans l'Inde, dont la taille était supérieure à celle d'un rhinocéros, qui avait une large

lèvre supérieure, peut-être même une courte trompe, et qui portait des cornes très-étendues, arrondies comme celles de l'antilope.

Les carnassiers ont apparu dès le commencement de la grande période tertiaire, mais ce n'est que beaucoup plus tard qu'ils sont devenus abondants : ils présentent alors une richesse de formes et de types qui dépasse singulièrement celle de la faune actuelle. C'est dans les brèches osseuses, dans les cavernes à ossements, qu'on les retrouve en quantité considérable. A Kirkdale, en Angleterre, on n'a pas déterré moins de trois cents hyènes, dont quelques-unes devaient être plus fortes que la terrible hyène du sud de l'Afrique. Elles habitaient de grandes cavernes, toutes remplies encore des ossements brisés des animaux dont elles faisaient leur nourriture : bœufs, jeunes éléphants, hippopotames, rhinocéros ; chevaux, loups et ours. Les nombreux animaux du genre chat étaient les plus terribles de tous : quelques-uns étaient plus grands que nos tigres actuels, et, comme aujourd'hui, leur agilité extrême, jointe à leur force, les rendait les plus redoutables de tous les carnassiers.

L'abondance et la distribution des mammifères à ces époques presque modernes sont faites pour exciter l'étonnement. Le croirait-on ? On trouve, sous nos latitudes élevées, dans le même limon, les ossements d'un hippopotame et d'un renne. Aujourd'hui le renne n'habite plus que les régions polaires, et l'hippopotame vit dans les grands fleuves d'Afrique. Les débris de mastodonte sont répandus à des latitudes extrêmement éloignées, depuis la Sibérie jusque dans l'Inde, où l'on a trouvé avec eux, dans les collines subhymalaïennes, des ossements de chameau, ainsi que d'hippopotame et de girafe, animaux qui ne vivent plus qu'en Afrique. Les mammifères qui aujourd'hui n'habitent plus que des pays chauds vivaient alors en France et en Angleterre. Parmi les espèces découvertes dans les cavernes de ces deux pays, dix-sept

sont aujourd'hui complètement anéanties, et nous ne les connaissons que par leurs ossements fossiles; parmi les autres, un grand nombre n'ont plus de représentants en Europe; quelques-unes enfin ont disparu depuis le commencement même des périodes historiques, comme deux espèces de bœuf sauvage, et en Angleterre le renne et le loup, qui vit encore en France, mais qu'une guerre acharnée ne peut tarder à détruire complètement.

On avait cru pendant longtemps qu'il n'existait point de singes fossiles; mais de nos jours on en a trouvé jusque dans la partie inférieure des terrains tertiaires: les premiers ont été découverts en Angleterre, et depuis on en a rencontré en France, en Grèce, dans l'Inde et le Brésil. A la fin de l'époque tertiaire, et par conséquent à une époque géologiquement très-rapprochée de la nôtre, les singes vivaient encore en Angleterre à une latitude de 52°. Les singes fossiles de l'ancien monde et du nouveau continent présentent d'ailleurs avec ceux qui habitent aujourd'hui les deux hémisphères, une analogie tout à fait frappante, et se distinguent par les mêmes caractères.

A l'époque diluvienne, l'Europe avait une faune qu'on pourrait presque nommer asiatique. Ces deux continents n'étant pas, à proprement parler, séparés, cette identité n'a rien de trop extraordinaire; mais il est digne de remarque qu'alors comme aujourd'hui on ne peut tracer aucune limite zoologique tranchée entre l'Europe et l'Afrique. Les animaux que l'on trouve encore de nos jours au nord de l'Afrique, le loup, l'hyène, le porc-épic, le singe commun, le chameau, vivaient tous autrefois dans le midi de l'Europe.

La même faune, sortie sans doute primitivement de l'Asie, s'est étendue tout autour du grand bassin méditerranéen, qui possède ainsi zoologiquement le même caractère qu'il a eu dans l'histoire des peuples. Il est bien digne aussi de remarque que des trois

grands centres d'évolution animale, qui sont l'Australie, le nouveau et l'ancien continent, c'est celui où le développement des formes organiques a été le plus élevé qui a été aussi le théâtre des premières tentatives et des plus nobles conquêtes de l'esprit humain.

Dans cet examen rapide du développement des formes organiques, je n'ai parcouru que les régions les plus explorées de la nature animale, et je n'ai pu m'arrêter en quelque sorte qu'aux points culminants; mais à cause de cela même on saisira peut-être avec plus de facilité, à l'aide de quelques traits fortement accentués, le plan général de la nature, comme on juge mieux les lignes générales d'un palais en s'éloignant assez pour que les ornements et les détails se fondent dans la simplicité de l'ensemble.

La succession des types organiques et leur ordre de prédominance ne fournissent-ils point l'indice d'un progrès véritable? Ne voyons-nous point des êtres de plus en plus parfaits saisir, si on peut s'exprimer ainsi, l'empire de la création, et imprimer à la nature vivante les traits les plus frappants? En même temps la nature inorganique perd peu à peu les caractères de monotonie et de simplicité des premiers âges, les continents se découpent, les terres s'articulent, pour employer une heureuse expression de M. de Humboldt; des chaînes de montagnes, des massifs, des crêtes, des cimes de plus en plus aiguës s'élèvent au-dessus des plaines, des plateaux et des vallées; les climats se localisent, la terre se divise en provinces naturelles de mieux en mieux définies.

Quelles que soient les découvertes futures de la paléontologie, — et l'immensité du champ qu'elle explore ne peut laisser aucun doute sur leur nombre et leur importance, — nous possédons dès à présent des résultats que la science moderne a déjà, ce semble, placés au-dessus de toute contestation. Nous savons d'une part

que les formes sous lesquelles la vie se manifeste ont subi de fréquentes modifications, et d'autre part que ces modifications ont été surtout provoquées par les révolutions violentes qui ont bouleversé notre globe et inauguré de nouvelles conditions physiques. On a cru pendant assez longtemps que ces grandes catastrophes avaient été peu nombreuses, et c'est en obéissant peut-être involontairement à cette croyance non raisonnée qu'on avait à l'origine divisé toute l'immense série des couches géologiques en un très-petit nombre de groupes. Nous en avons la preuve dans ces expressions vagues de terrains *primitif*, *secondaire*, *tertiaire*, que l'on continue à employer par habitude et à cause de leur simplicité.

Des travaux plus approfondis ont dans ces derniers temps amené les géologues à des décompositions, à des divisions de plus en plus multipliées. Les terrains que l'on comprenait autrefois sous le nom commun de terrains de transition ont été de nos jours, si on peut le dire, analysés, et de ce chaos confus on a vu sortir des groupes bien distincts et déterminés. Le même travail reste à compléter pour d'autres terrains, et l'on pourrait citer particulièrement les terrains tertiaires et ces dépôts si étendus que l'on confond sous le nom général de diluviens, et dont l'origine variée et les divisions naturelles sont encore si obscures. Ce n'est pas à un petit nombre de révolutions que sont dues les formes de la surface actuelle du globe, les complications des contours et du relief des îles et des continents. M. Élie de Beaumont compte déjà, dans l'Europe seulement, plus de vingt systèmes de montagnes soulevées à des époques différentes, et ses savantes recherches, qu'il étend aujourd'hui à toutes les parties de la terre, enrichissent chaque jour la liste de ces révolutions. Ainsi qu'il l'a fait voir notamment pour les Alpes, la structure d'une même région terrestre, parfois assez peu étendue, est rarement due à une

action unique : elle se décompose en quelque sorte en accidents de diverse nature, qu'il faut rapporter à des efforts successifs et périodiques, comme on peut compter dans une grossière sculpture en bois les coups de ciseau qui ont accentué de plus en plus l'ébauche informe.

Les grandes relations naturelles, bien que se modifiant par suite des révolutions du globe, n'ont sans doute jamais été altérées d'une manière aussi profonde, aussi fondamentale qu'on le croyait autrefois, et la croyance que chacun de ces événements avait pour conséquence la destruction radicale et le renouvellement complet des êtres vivants semble perdre chaque jour du terrain. Le développement des formes organiques, qui s'est opéré en même temps que celui des formes extérieures de notre globe et en relation intime avec ces modifications physiques, présentera un jour une longue série d'évolutions discontinues, mais peut-être plus légères qu'on ne l'avait cru pendant longtemps. Il faut sans doute des crises multipliées pour altérer profondément les caractères de la nature vivante et en changer complètement les aspects. Nous savons dès à présent que, si l'on étudie en détail des régions dont les caractères paléontologiques offrent au premier aspect des analogies et pour ainsi dire des airs de famille évidents, on arrive à y subdiviser les terrains en étages superposés plus ou moins nombreux, qui ne sont pas absolument identiques d'une contrée à une autre, quelquefois très-voisine, et qu'il faut savoir réunir ces avantages en groupes plus généraux pour retrouver dans ces terrains des divisions paléontologiques communes. Aussi cherche-t-on moins à définir les formations géologiques par un nombre déterminé, une succession immuable d'espèces, que par l'ensemble général des caractères des faunes et des flores. A mesure qu'on étudiera la succession des formes organiques à travers tous les terrains, dans des parties plus multipliées de la terre, la

valeur de ce qu'on nomme le caractère zoologique ira sans doute encore en s'élargissant. C'est cette détermination qui forme la difficulté capitale de la paléontologie, et, tout en poursuivant cette œuvre difficile, cette science ne devra jamais oublier que, dans l'ordre de position des couches qui forment l'écorce du globe, la nature nous a laissé des révolutions passées des témoins aussi simples qu'imposants, qui seuls ne peuvent pas nous tromper.





**M. AGASSIZ**  
**ET SES TRAVAUX.**



# M. AGASSIZ

## ET SES TRAVAUX,

SES THÉORIES SUR LA PLURALITÉ DES CRÉATIONS  
ET LA CLASSIFICATION DES ÊTRES.

---

Le savant qui s'applique à la découverte des grandes lois naturelles peut trouver un sujet d'étude jusque dans les lieux où rien ne fixe l'attention d'un observateur superficiel. On s'explique pourtant que la curiosité scientifique soit plus vivement excitée et devienne plus féconde dans les contrées où la nature semble s'être complu à rapprocher les spectacles les plus variés et les plus magnifiques. La Suisse est une de ces régions privilégiées : quel voyageur arrivant de la France par un beau jour et parvenu au sommet de la dernière crête du Jura n'a pas, en apercevant la chaîne des Alpes et ses neiges éternelles, senti confusément qu'il approchait d'un pays de merveilles ? Les paysages alpestres ont inspiré à Rousseau quelques-unes de ses pages les plus célèbres, à Byron ces vers immortels qui sont dans toutes les mémoires, et où, par un art infini, il a su allier une étonnante précision de traits au sentiment poétique le plus élevé. Visitées chaque année par une multitude de touristes venus de tous les points de l'univers, les Alpes sont aussi une terre classique pour tous ceux qui étudient les sciences naturelles, et qui viennent y suivre la trace des maîtres

les plus fameux. Faut-il rappeler le nom de Saussure, qui le premier fit l'ascension du mont Blanc, trop souvent répétée depuis sans nécessité ? Œuvre d'un observateur profond en même temps que d'un véritable amant de la nature, le *Voyage dans les Alpes* sera toujours relu avec un vif plaisir, étudié avec profit, malgré les rapides progrès de la science. L'illustre Leopold de Buch, qui fut l'un des pères de la géologie moderne, visita plus d'une fois les diverses parties des Alpes. M. Élie de Beaumont aussi les a fréquemment parcourues, il a fait connaître ce qu'on pourrait appeler la structure de ces chaînes compliquées, il y a découvert le secret et les lois des grandes révolutions qui ont fait surgir les montagnes à la surface de notre globe. Cependant, parmi les naturalistes éminents qui ont choisi les Alpes pour champ de leurs explorations, il en est un surtout qui doit en grande partie la popularité dont il jouit à ses patientes études sur les glaciers alpestres. M. Agassiz a visité en Suisse la plupart des grands cirques qui servent de réservoir aux neiges éternelles, il a gravi quelques-unes des cimes les plus élevées qui les dominent, entre autres la Jungfrau, dont il atteignit le premier le sommet, d'un accès beaucoup plus difficile que celui du mont Blanc lui-même. On aurait peine à trouver un théâtre, aussi admirablement disposé que les Alpes pour étudier les lois de la formation et du mouvement des glaciers. Dans la zone polaire, on ne peut les visiter qu'en affrontant les rigueurs d'un climat meurtrier, au prix de mille dangers et de longues fatigues ; en Suisse, les glaciers débouchent dans de riantes vallées, et il suffit de quelques heures pour passer de l'hiver des hauteurs neigeuses dans l'air plus doux de la région des pâturages et des forêts.

Les travaux de M. Agassiz sur les glaciers auraient suffi à l'illustrer : ils ne sont pourtant qu'un de ses titres à la célébrité. Tandis que la vie entière d'un homme suffit à peine aujourd'hui

pour approfondir quelques points particuliers des sciences zoologiques, il n'est dans cet ordre d'études aucun grand problème que les investigations de M. Agassiz n'aient touché. Il ne s'est pas contenté d'étudier les animaux aujourd'hui vivants ; il a écrit sur les animaux fossiles des ouvrages considérables, qui sont de véritables monuments scientifiques. De la comparaison entre la faune vivante et les faunes éteintes, il a su tirer des conclusions aussi neuves que profondes relativement à la succession des formes organiques sur la terre. Son activité intellectuelle a tout embrassé ; il s'est associé avec ardeur au mouvement de la zoologie moderne, qui poursuit la solution de problèmes tout nouveaux dans l'étude si longtemps négligée des animaux inférieurs et de l'embryogénie comparée. Il n'a abordé aucune question sans l'éclairer d'une vive lumière ; ses travaux innombrables ont été publiés et traduits en Suisse, en Allemagne, en France, en Angleterre, en Amérique, répandus dans une foule de livres, de recueils, dans de nombreuses et actives correspondances. Il ne peut entrer dans le plan de cette étude d'en donner une analyse détaillée. C'est en m'attachant aux considérations les plus générales qui dominent chaque sujet que je voudrais faire apprécier quel a été et quel est encore le rôle de M. Agassiz comme naturaliste philosophe, comme novateur, comme agitateur scientifique. Cette expression n'étonnera aucun de ceux qui connaissent le caractère enthousiaste, l'éloquence, l'esprit communicatif du célèbre géologue, aucun de ceux qui savent qu'à l'université de Cambridge, dans la calme atmosphère de la Nouvelle-Angleterre, il a conservé toute l'activité de la jeunesse.

Les sujets traités par M. Agassiz sont d'une nature si variée, qu'il serait impossible de s'astreindre ici à l'ordre purement chronologique. Dans l'ensemble de ses travaux, ses recherches et ses théories sur les glaciers forment un groupe distinct qui s'offre d'abord à l'attention. Ensuite il faudra se transporter avec le sa-

vant naturaliste dans le domaine des études zoologiques et paléontologiques, puis exposer ses vues sur la coordination des formes organiques et sur la classification des êtres.

### I. — TRAVAUX SUR LES GLACIERS ET LA PÉRIODE GLACIAIRE.

L'étude des glaciers rentre dans le domaine naturel de cette science qui, sous le nom de *géographie physique*, décrit les traits les plus généraux de la configuration terrestre. Récemment néanmoins la géologie s'est emparée de ce sujet, depuis qu'on a essayé d'expliquer par le mouvement d'anciens glaciers le transport des blocs de rocher qu'on nomme *erratiques*, et qui sont disséminés dans certaines régions, notamment autour de la chaîne des Alpes. Avant M. Agassiz (1), on admettait généralement que les blocs erratiques avaient été entraînés au loin, à la suite du déversement d'anciens lacs ou de déluges subits. M. Agassiz, remarquant que les glaciers ont aujourd'hui encore le pouvoir de porter à d'assez grandes distances les débris qui tombent du sommet des montagnes, imagina que les blocs erratiques ont été amenés à la place où nous les voyons par d'anciens glaciers, beaucoup plus étendus que ceux que nous connaissons aujourd'hui, et qui depuis ont reculé ou même entièrement disparu.

Deux ingénieurs du Valais, M. de Venetz, puis M. de Charpentier, avaient les premiers proposé sur les lois du mouvement des glaciers quelques explications où se trouvait comme en germe la

---

(1) Deux publications résument les travaux de M. Agassiz sur les glaciers ; ce sont : *Études sur les glaciers*, Soleure, 1840, 8 vol. in-8°, avec 32 Pl. in-fol. ; *Système glaciaire, ou Recherches sur les glaciers et leur mécanisme*, avec un atlas, Paris 1847.

théorie de M. Agassiz ; mais leurs idées, qui devançaient de quelques années seulement les travaux du célèbre naturaliste, n'avaient point été confirmées par un nombre suffisant d'observations. Aussitôt que M. Agassiz fut nommé, très-jeune encore, professeur d'histoire naturelle à Neuchâtel, il résolut de se vouer à l'étude des glaciers ; il s'appliqua surtout à établir la théorie des faits déjà connus, à l'appuyer non-seulement par de nombreuses et nouvelles recherches, mais par des expériences qui sont devenues justement célèbres. Le système du professeur de Neuchâtel était fait pour entraîner toutes les imaginations amoureuses de nouveauté. Aujourd'hui les glaciers ne remplissent que les vallées les plus élevées des Alpes ; ils devaient autrefois, suivant M. Agassiz, à la faveur du climat plus rigoureux qui régnait pendant l'époque qu'il a nommée *glaciaire*, pénétrer jusque dans les vallées les plus basses, remplir toutes les profondeurs des massifs accidentés des Alpes, et, débouchant sur l'immense vallée de la Suisse, s'étaler en vastes plateaux légèrement inclinés, dont l'extrémité allait s'appuyer sur le Jura lui-même. Ce tableau grandiose, dont rien aujourd'hui sur la terre ne saurait donner une idée même approximative, frappa tous les esprits ; on suivit avec impatience et curiosité les démonstrations de M. Agassiz. Cela même cependant n'était pas assez : la Suisse n'est pas le seul pays où l'on trouve des blocs erratiques, sentinelles détachées de quelque montagne éloignée ; on en rencontre dans tout le nord de l'Europe et de l'Amérique. Sur un grand nombre de points, ces blocs ne sont pas isolés ; ils dominent d'ordinaire de vastes lits formés par l'accumulation de débris incohérents, qui, suivant les lieux, ont reçu des noms divers. En expliquant par l'action de courants violents la dispersion des blocs erratiques, on comprend sans peine comment tous ces matériaux d'inégale grandeur auraient été réunis ; mais M. Agassiz préféra y reconnaître les débris d'anciennes moraines pareilles à

celles qui se forment autour des glaciers actuels par l'entassement de tous les matériaux qu'ils entraînent avec eux. Comme les amas erratiques du Nord recouvrent des régions immenses, quelquefois à peines ondulées, M. Agassiz en conclut qu'à une période antérieure à la nôtre, la zone polaire était le centre d'un glacier dont les branches gigantesques recouvraient les vastes plaines de l'Amérique du Nord, de l'Allemagne septentrionale et de la Russie. M. de Humboldt avait souvent fait remarquer qu'un hémisphère terrestre, présentant de l'équateur au pôle la succession de climats, de faunes et de flores variés, peut être comparé à une très-haute montagne qui, de la base au sommet, offre à des distances infiniment plus rapprochées des variations analogues. M. Agassiz continua en quelque sorte cette comparaison en l'appliquant aux glaciers. Il faut examiner si les conditions physiques qui en règlent le mouvement s'accordent pleinement avec cette brillante théorie.

Sur les cimes les plus élevées des Alpes, dont l'éblouissante blancheur dessine des lignes si pures dans le ciel, la neige est à l'état de poussière fine et sèche; elle devient plus granuleuse dans ces grands cirques d'où sortent les glaciers, et que dans la Suisse on appelle les *névés*. Enfin dans les glaciers mêmes la neige est couverte en une sorte de glace grenue et pénétrée de bulles d'air. On ne retrouve point une succession pareille sur toutes les montagnes assez hautes pour être recouvertes de neiges perpétuelles: il n'y a point de glaciers sur les *sierras* neigeuses de l'Amérique, dont quelques-unes sont beaucoup plus élevées que le mont Blanc; mais quand on sort de la zone tropicale et quand on pénètre dans la zone tempérée, le niveau des neiges éternelles s'abaisse de plus en plus, et les glaciers s'étendent en rameaux au-dessous de cette ligne. A cette zone appartiennent les glaciers de l'Himalaya, des Alpes, de la Scandinavie. Dans la zone polaire enfin, ces fleuves solides descendent au niveau même de la mer et prennent

les proportions les plus formidables. Il semble donc qu'il y ait une concordance remarquable entre la latitude et la formation des glaciers. M. Élie de Beaumont, qui n'est pas seulement géologue, mais encore physicien, qualité qui a malheureusement manqué à la plupart des personnes qui ont étudié la matière, a le premier donné la raison de ces différences ; il a fait voir que les glaciers se forment d'autant plus aisément que le contraste entre les saisons est plus tranché. Cette condition est d'autant mieux remplie qu'on s'éloigne plus de l'équateur, où les températures extrêmes de l'année sont renfermées entre les limites les plus rapprochées. Dans la zone tempérée, un hiver prolongé refroidit lentement les névés. Quand arrive la saison chaude, les neiges superficielles fondent ; l'eau, pénétrant dans les interstices d'une masse dont la température est inférieure à zéro, s'y convertit immédiatement en glace. Ainsi les neiges des hautes régions alpines se pénètrent de glace chaque année, elles prennent peu à peu le caractère de véritables glaciers, et en même temps qu'elles subissent cette transformation, elles descendent graduellement vers les vallées.

Les glaciers sont en effet animés d'un mouvement lent qui s'accélère pendant l'été, sans être jamais complètement arrêté, même pendant l'hiver. Quand on s'y promène, on croit être sur une surface parfaitement immobile ; mais, pour comprendre que cette immobilité n'est qu'apparente, il suffit de se rappeler que le pied du glacier fond constamment, et qu'il s'arrête pourtant à un niveau qui n'est pas modifié sensiblement pendant une longue période d'années. Il faut donc que les neiges descendues des sommets viennent incessamment réparer les pertes produites par la fusion, et que la masse entière s'achemine lentement vers la partie inférieure de la vallée qui l'enserme. Ce phénomène singulier tient à des causes complexes : M. Agassiz avait cru en trouver la raison dans la dilatation que subit l'eau en se congelant dans les inter-

stices des glaciers; mais il donna à cette explication une forme erronée. Suivant lui, l'expansion qui met les diverses parties d'un glacier en mouvement s'opère par suite des alternatives de réchauffement et de refroidissement qu'amènent chaque jour et chaque nuit; il n'a point tenu assez de compte des alternances, beaucoup plus marquées, qui sont dues aux diverses saisons. Il n'est pas difficile de montrer que la congélation de l'eau pendant la nuit ne peut avoir aucune influence sensible sur la marche des glaciers, car les changements de température dus à la succession du jour et de la nuit n'ont d'effet que jusqu'à une très-faible profondeur, et la température de la masse entière est indépendante de cette variation, puisque l'eau ne gèle la nuit que jusqu'à 2 mètres environ dans l'intérieur du glacier.

Il est admis généralement aujourd'hui que la théorie de la dilatation, telle que l'a présentée M. Agassiz, ne peut pas servir à expliquer le mouvement des glaciers. Au reste, même en admettant que l'eau qui entre pendant le jour dans les innombrables interstices d'un glacier fût congelée chaque nuit, la dilatation qui en résulte devrait, comme l'a fait justement observer un géologue anglais, M. Hopkins, s'exercer dans le sens où la résistance est la moindre. Si un mouvement sensible pouvait résulter de cette expansion, il s'exercerait avec le plus de facilité dans le sens vertical, car, pour s'allonger dans le sens de la vallée, le glacier est obligé de vaincre l'énorme pression que lui opposent les parois où il est enfermé. L'effet de la dilatation, telle que l'admet M. Agassiz, serait donc plutôt un bombement graduel de la surface du glacier: or rien n'indique qu'il s'opère un pareil exhaussement.

On s'accorde aujourd'hui à croire que les glaciers descendent en vertu de leur masse même, et l'on ne diffère plus que dans la manière de présenter cette théorie de la gravitation. L'explication de M. Agassiz a été abandonnée, mais ses belles expériences ont

fourni les éléments avec lesquels on en a imaginé une nouvelle, et ont aidé du moins à résoudre ce difficile problème. Le théâtre qu'il choisit pour ses observations est le beau glacier de l'Aar, qui lui offrait quelques avantages importants : les moraines y sont très-bien développées, et la rencontre des deux glaciers qui viennent en se rejoignant former le glacier principal, permet d'y étudier les moraines médianes. D'ailleurs le glacier de l'Aar n'a qu'une faible inclinaison ; il est d'un accès bien plus facile que certains glaciers des Alpes bernoises, beaucoup plus connus des touristes, entre autres les deux grands glaciers de Grindelwald et le petit glacier escarpé de Rosenlauri, dont on va admirer les pures et brillantes couleurs. Sur le glacier de l'Aar, on peut monter facilement jusque dans l'intérieur des vastes cirques où s'accumulent les neiges, et dominer les masses immenses qui descendent vers la vallée.

M. Agassiz alla, plusieurs années de suite, s'y établir pendant l'été. Dans l'origine, il n'avait, avec les savants qui l'accompagnaient, d'autre abri qu'un gigantesque bloc de gneiss, placé sur la moraine médiane, et qui reçut le nom pompeux d'*hôtel des Neuchâtelois*. On passait la nuit sur la paille, à côté du rocher, qui n'offrait qu'un abri insuffisant et même assez dangereux. Comme il fallait avoir une base parfaitement stable pour les instruments, M. Dollfus-Aousset établit sur un rocher qui s'élève en promontoire au-dessus du glacier une tente, et plus tard une maisonnette en pierres sèches. Après les travaux du jour, M. Agassiz et ses amis y trouvaient un abri que la libéralité de M. Dollfus-Aousset avait rendu aussi agréable que possible. Tous ceux qui ont eu la bonne fortune d'assister à ces réunions intimes se les rappellent avec le plus vif plaisir : l'imagination de M. Agassiz, s'animant dans ces lieux sauvages, répandait un charme toujours nouveau dans des conversations où les problèmes de la géologie, les mystères de l'histoire naturelle, étaient abordés tour à tour et

discutés avec autant de verve que de clarté. La pléiade réunie autour de lui était bien digne de recevoir les leçons et les confidences d'un esprit aussi élevé : c'était M. Desor, qui, dans des récits pittoresques, a retracé les excursions de M. Agassiz sur les glaciers et dans les hautes régions des Alpes, et a participé pendant longtemps à ses études d'histoire naturelle. C'étaient M. Collob, qui a publié des observations pleines d'intérêt sur les anciens glaciers des Vosges ; — M. Charles Vogt, naturaliste allemand, que M. Agassiz choisit pour collaborateur dans ses travaux sur les poissons, qui depuis joua un rôle important au parlement de Francfort, et vient d'être appelé récemment à Genève pour y professer la géologie ; — M. Dollfus, qui chaque année continue les observations commencées par M. Agassiz. Parmi les visiteurs, nommons M. Charles Martins, le plus zélé peut-être et le plus enthousiaste de tous les *glacialistes* (1) ; M. Forbes, un savant anglais, qui entreprit lui-même des expériences sur le glacier des Bossons, et à qui ses beaux ouvrages sur les Alpes et la Norvège ont valu une réputation bien méritée. Quelle que soit la valeur des travaux de ces hommes éminents, il ne faut point oublier que M. Agassiz a été l'âme du mouvement auquel ils ont pris part, et que le premier il a imprimé une direction scientifique aux études sur les glaciers. Comme un général entouré de ses lieutenants, il faisait les plans de campagne et dictait les ouvrages qui rendent compte de ses opérations.

Le glacier inférieur de l'Aar est formé par le confluent de deux glaciers qui descendent l'un du Schreckhorn, l'autre du Finsteraarhorn, cime la plus élevée de la chaîne des Alpes bernoises. Voici à l'aide de quelles expériences M. Agassiz en étudia la marche : il

---

(1) Voyez, dans la *Revue des Deux-Mondes* du 1<sup>er</sup> mars 1847, une étude de M. Ch. Martins sur la *Période glaciaire et sur les glaciers du mont Blanc*.

fit planter des lignes de pieux en travers du glacier ; au moyen de marques tracées sur les rochers qui forment les parois de la vallée et à l'aide d'une lunette, on observait chaque jour de quelle quantité chacun des pieux s'était déplacé. On remarqua ainsi qu'une ligne de pieux primitivement droite s'infléchit de plus en plus, parce que les plus rapprochés du centre descendent plus vite que ceux qui sont sur les bords. Ces expériences donnèrent la preuve que les glaciers sont de vrais fleuves solides qui se meuvent exactement, bien qu'avec une vitesse que l'œil ne peut saisir, comme les fleuves ordinaires, où le courant est d'autant plus rapide qu'on s'éloigne plus de la rive. Dans les rivières, on nomme *thalweg* la ligne où la vitesse est la plus forte ; cette vitesse maximum y varie d'ailleurs d'un point à un autre : il en est de même dans les différentes parties d'un glacier. A l'époque des observations de M. Agassiz, le glacier de l'Aar avançait de 80 mètres pendant un an à la partie supérieure, de 60 mètres à la partie moyenne, de 28 mètres seulement à l'extrémité.

M. Forbes a fait des expériences analogues sur un des glaciers qui descendent dans la vallée de Chamouni. Ses opérations ne furent cependant ni aussi rigoureuses, ni aussi longtemps suivies, et il n'y aurait pas lieu à les rappeler, si M. Forbes, abandonnant les idées de M. Agassiz, n'avait cherché à expliquer le mouvement des glaciers par une théorie nouvelle, aujourd'hui plus généralement admise. Les diverses portions d'un glacier ne marchant point avec une égale vitesse, M. Forbes fit observer qu'on ne peut le considérer comme un corps solide et incompressible, mais qu'il jouit réellement, bien qu'à un degré très-imparfait, de la propriété des corps liquides, où les différents points se déplacent les uns par rapport aux autres. Il le compara à une matière visqueuse et plastique qui descendrait sur une surface légèrement inclinée, et se moulerait sur toutes les inégalités qu'elle rencontre. Des expé-

riences directes ont démontré que la glace jouit d'un certain degré de plasticité : M. Christie, en faisant congeler de l'eau dans un globe creux, percé d'une ouverture, en a vu sortir un petit cylindre de glace, par suite de la dilatation qui accompagne le passage de l'eau à l'état solide ; mais quand on parle de la plasticité des glaciers, il importe de se rappeler qu'ils ne sont point uniquement formés de glace, et qu'il s'agit d'un mélange de glace et d'eau à proportions variables. Pendant l'été, la masse du glacier est entièrement imprégnée d'eau, les fissures en sont constamment remplies, et il est impossible que la pression même de l'eau ne joue pas un rôle important dans le phénomène de la marche des glaciers : quand des crevasses demeurées longtemps vides se remplissent par suite des pluies, des fontes de neige, les pressions se communiquent plus facilement, et la mobilité de ces gigantesques masses se trouve accrue.

Malgré ce qu'a de séduisant la théorie de M. Forbes, quelques géologues, M. Hopkins entre autres, refusent encore de l'admettre, parce que la multitude des fissures qu'on aperçoit dans les glaciers et ce qu'on pourrait nommer l'incohérence des matériaux qui les composent, ne se concilient pas, suivant eux, avec la conception d'une masse visqueuse ou plastique ; mais si, comme ils l'assurent, un glacier n'était qu'une accumulation de blocs de glace entassés les uns à côté des autres et simplement entraînés par la pesanteur, ces blocs devraient être arrêtés dans les parties les plus étroites des vallées, et finiraient par les encombrer, tandis que les glaciers franchissent au contraire les détroits et les étranglements comme des fleuves ordinaires, et suivent docilement toutes les anfractuosités du terrain. Au reste, ce qui ressort aujourd'hui de tous les travaux dont M. Agassiz a été le promoteur, c'est que le mouvement des glaciers se rattache à des causes plus complexes qu'on ne l'avait cru à l'origine. Il y a encore à faire la part rigoureuse

de ces divers éléments, et c'est une question qui présente un digne sujet de recherches aux physiciens comme aux géologues (1).

Les études de M. Agassiz n'ont pas été bornées aux glaciers actuels, et il n'a approfondi un grand nombre des phénomènes dont ils sont aujourd'hui les agents qu'afin de déterminer à quels indices on peut reconnaître l'action et l'étendue des glaciers disparus ou amoindris. M. Charles Martins a développé avec beaucoup de clarté ces caractères singuliers (2) : il a montré comment les glaciers polissent la surface et les flancs des vallées où ils se frayent un passage, comment les cailloux incrustés dans la glace, agissant comme un burin sur les rochers, y creusent lentement des stries à la faveur du mouvement qui entraîne les glaciers, comment les blocs tombés des hauteurs qui les dominent sont portés au loin, et forment les trainées et les amas qu'on appelle des *moraines*. Partout où ces caractères se retrouvent, — roches polies et striées, blocs anguleux échelonnés ou en tas, — M. Agassiz les considère comme la preuve certaine de l'existence d'un ancien glacier; dans toutes les vallées des Alpes, à travers la grande vallée de la Suisse et sur les flancs du Jura, il rechercha avec patience les restes de moraines; il trouva en beaucoup de lieux des roches striées qui rappellent exactement celles qu'on observe sous les glaciers actuels. On voit des blocs erratiques, descendus des sommités les plus élevées des Alpes, sur les versants du Jura, jusqu'à une hauteur de 1000 mètres environ, et Léopold de Buch a depuis long-

---

(1) Ce travail a été fait, depuis que ces pages ont été écrites, par un Anglais, M. Tyndall. Il a expliqué toutes les particularités de la structure et du mouvement des glaciers avec beaucoup de bonheur, en les rattachant à ces deux principes : 1<sup>o</sup> la glace est compressible, mais non extensible; 2<sup>o</sup> deux morceaux de glace mis en contact se soudent sous l'influence de la moindre pression.

(2) Dans l'étude déjà citée, *Revue des Deux-Mondes* du 1<sup>er</sup> mars 1847.

temps décrit les blocs de ce genre qu'on rencontre aux environs de Neuchâtel. M. Agassiz expliqua tous ces phénomènes par l'action d'anciens glaciers qui auraient couvert tout l'espace compris entre les Alpes et la muraille naturelle du Jura. Cette hypothèse, à l'appui de laquelle il déploya, ainsi que tous ses partisans, outre un zèle et une ardeur extrêmes, une incontestable habileté, ne fut pas universellement admise, du moins avec les conséquences absolues qu'on y attacha.

On ne peut nier que dans la longue suite des siècles il n'y ait eu quelques oscillations dans la marche et l'extension des glaciers. M. de Venetz a donné la preuve que du XI<sup>e</sup> au XV<sup>e</sup> siècle ceux des Alpes avaient reculé, et qu'ils ont depuis envahi des cols qui alors étaient libres. Depuis longtemps M. Élie de Beaumont a indiqué qu'à une certaine époque les glaciers descendaient beaucoup plus bas dans la vallée de Chamouni et dans le Val-Ferret. « Peut-être, écrivait-il à ce sujet, le *gulfstream*, qui réchauffe aujourd'hui l'Europe occidentale, n'existait-il pas encore pendant les dernières périodes géologiques qui ont précédé la nôtre. » Si aujourd'hui le courant chaud cessait de se diriger sur notre continent, il est certain que les glaciers viendraient rapidement combler toutes les vallées des Alpes ; mais pourraient-ils s'étendre jusqu'au Jura lui-même ? Il est permis d'en douter. Suivant M. Élie de Beaumont, on ne connaît dans les Alpes aucun glacier qui, sur l'étendue d'une lieue, se meuve sur une pente inférieure à 3 degrés. Les pentes des fleuves, à cause de l'extrême mobilité de l'eau, sont infiniment plus faibles ; mais les fleuves de glace ne peuvent avancer que sur un fond sensiblement incliné. On a cité quelques exemples de glaciers se mouvant sur une surface tout à fait unie, ou même remontant une pente ; mais ce ne sont là que des accidents purement locaux. C'est ainsi qu'un fleuve franchit des barres et des rochers, et que le lit n'en présente pas moins, malgré ces irrégularités, une

inclinaison générale. Il en est de même pour les glaciers. On sait aujourd'hui que la dilatation qu'éprouve l'eau en se congelant ne peut servir à en expliquer le mouvement. Plus on sera porté à les considérer comme des masses qui s'étendent en vertu de leur propre poids, plus il sera nécessaire de leur attribuer une certaine inclinaison pour qu'ils puissent se mouvoir. Veut-on savoir qu'elle serait l'inclinaison d'un glacier qui, partant du sommet du mont Blanc, irait rejoindre le Jura à 100 mètres seulement de hauteur ? Elle ne serait que de 2 degrés au plus.

On voit qu'il est difficile d'expliquer par l'extension des anciens glaciers le transport des blocs erratiques les plus éloignés de la chaîne centrale. Un géologue anglais, sir Charles Lyell, croit qu'à l'époque où les blocs aujourd'hui disséminés sur le Jura se sont détachés des sommités des Alpes, la vallée suisse comprise entre ces montagnes formait un immense golfe pareil à celui qui sépare aujourd'hui la Finlande de la Suède, et que les glaciers alpins descendaient jusqu'à la rive ; des radeaux et des montagnes de glace, traversant le golfe, allaient déposer leur fardeau de rochers sur la rive opposée. La disposition des blocs erratiques sur le Jura rend cette explication peu vraisemblable. Ceux qui sont dans le voisinage de Neuchâtel sont descendus du mont Blanc et du Valais, ceux de la région moyenne du Jura proviennent de l'Oberland bernois, et ceux du Jura occidental sont venus des Alpes des petits cantons. Les radeaux flottants auraient donc toujours traversé le golfe à angle droit. Or on sait que les courants ne suivent jamais une pareille direction et longent au contraire ordinairement les côtes. Le transport des matériaux erratiques s'est opéré dans la direction des vallées principales ; du côté de la Suisse, ce sont les vallées du Rhône, de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat ; du côté de la France, celles de l'Isère et de la Durance. Aussi les géologues qui ont refusé d'adopter les conclusions de M. Agassiz ont-

ils admis généralement que le terrain erratique est, comme tous les autres terrains géologiques, dû à un transport opéré par les eaux en mouvement. Des torrents de boue et de limon, pareils à ceux qui se formèrent lors de la débâcle de la Dent-du-Midi, peuvent entraîner au loin des blocs très-considérables sans les arrondir et sans en émousser les arêtes; ils doivent aussi sans aucun doute exercer sur les roches qu'ils rencontrent l'action d'un burin puissant. Si, par suite d'une fusion subite, les glaciers, qui n'avancent d'ordinaire qu'avec une extrême lenteur, descendaient avec une vitesse sensible, ils auraient beaucoup plus de force qu'aujourd'hui pour polir et strier les roches.

Ce n'est pas seulement aux alentours des Alpes que se rencontrent des blocs erratiques, il s'en trouve çà et là sur une grande partie de l'Europe et de l'Amérique: de vastes accumulations, formées de gros blocs de gravier, de sable et d'argile, recouvrent, comme un manteau, toute la région boréale. Ce terrain, souvent nommé *erratique*, a été l'objet des études de MM. Murchison et de Verneuil en Russie, de MM. Keilhau, Forschhammer, Selfström, Durocher en Scandinavie. La limite de l'immense surface qu'il recouvre va de l'extrémité de l'Oural vers Smolensk, s'étend vers Cracovie, Breslau, Leipsig, côtoie le Harz, le nord de la Westphalie, traverse les Pays-Bas et comprend une partie de la côte orientale de l'Angleterre. Les blocs qu'on y trouve forment deux classes distinctes: les uns, véritablement erratiques ou voyageurs, ont été transportés des montagnes de la Scandinavie à des distances qui atteignent plus de 100 lieues. D'autres présentent les mêmes caractères que les terrains sur lesquels ils reposent, ce qui prouve qu'ils n'ont été entraînés qu'à une très-faible distance; ce ne sont point des colons lointains, mais des habitants mêmes de la contrée.

En Europe, le terrain erratique ne dépasse point le 52° degré de latitude; mais en Amérique on le rencontre encore au sud de

Boston, qui est situé sous le 48° degré, et dans la vallée de l'Ohio, jusque vers le 38° degré. Les caractères de ce terrain y sont absolument les mêmes que dans le nord de l'ancien continent : on y vérifie la parenté entre les matériaux erratiques et les roches sous-jacentes, et l'on voit qu'ils n'ont généralement été entraînés qu'à une faible distance vers le sud. Ainsi, sur la côte méridionale du golfe Saint-Laurent, on trouve des blocs et des détritiques qui viennent de la côte opposée du Labrador et de Terre-Neuve. L'île du Prince-Édouard, située dans le golfe, a, comme un écran, arrêté les blocs venus du Labrador; elle a elle-même envoyé des blocs de grès rouge sur la côte opposée de la Nouvelle-Écosse. Sur la rive méridionale du lac Supérieur, on trouve des blocs de cuivre et d'argent natif très-pesants qui ne sont qu'à deux ou trois lieues des gisements primitifs.

Il y a peu d'années, M. Agassiz a publié un ouvrage fort intéressant sur le lac Supérieur : la flore et la faune de cette région encore imparfaitement connue y sont l'objet d'une étude spéciale; mais un des chapitres traite du terrain erratique. Dès que les glaciers eurent fixé l'attention des géologues, M. Agassiz avait cherché à établir un lien entre les phénomènes glaciaires observés dans les hautes montagnes et ceux dont les régions boréales du globe nous offrent la trace. Pour expliquer le transport des blocs erratiques sur le Jura, il avait admis qu'une période de froid avait précédé la période actuelle, bien que l'ensemble des notions géologiques indique que la température a toujours été en s'abaissant à la surface du globe pendant la série des âges. Une fois la période glaciaire acceptée, M. Agassiz admit hardiment qu'un manteau de glace avait recouvert, à la faveur de ce refroidissement général, toutes les régions boréales de la terre, et que cet immense glacier envoyait des blocs partout où nous les retrouvons aujourd'hui, polissant et striant les roches de la Scandinavie et de

l'Amérique du Nord, couvrant de vastes moraines les plaines de la Russie, celles du nord de l'Allemagne, du Canada et des États-Unis. Cette hypothèse singulière a été abandonnée par ceux mêmes qui ont toujours été les disciples les plus fervents de M. Agassiz, et il y aurait à peine lieu à la discuter, si, dans son ouvrage sur le lac Supérieur, M. Agassiz ne la présentait dans les mêmes termes qu'autrefois, et ne cherchait qu'à établir qu'elle est seule propre à rendre compte des phénomènes erratiques. Cette persistance ne ramènera sans doute pas ceux qui ont cru devoir abandonner les conséquences extrêmes de la théorie glaciaire. Tant qu'il ne s'est agi que de montrer à la faveur de quel climat les glaciers des Alpes avaient pu s'étendre jusqu'au Jura, M. Agassiz a toujours cherché à prouver qu'il suffisait pour cela d'une diminution assez peu notable dans la température moyenne de l'année ; mais il faut bien sortir de ces termes quand on veut représenter la région polaire entière et une grande partie de la zone tempérée comme couvertes par un glacier unique : des variations légères dans le climat ne suffiraient point à modifier d'une manière complète les caractères d'une partie si considérable du globe. Quand on aurait fait voir ce qui a occasionné une pareille révolution météorologique, il resterait encore à expliquer comment un glacier pourrait se mouvoir sur des plaines parfaitement unies. Tous les glaciers que l'on connaît sont suspendus aux flancs inclinés des montagnes ; dans le Groënland et les terres arctiques, si souvent explorées depuis quelques années, on n'en voit que dans les vallées qui débouchent sur la mer. A l'intérieur des terres, on ne trouve plus que les neiges éternelles qui comblent toutes les ondulations du sol.

La plupart des géologues admettent volontiers aujourd'hui que le phénomène restreint auquel il faut attribuer l'extension ancienne des glaciers des Alpes a également agi dans les montagnes

scandinaves et dans quelques massifs montagneux de l'Amérique du Nord; mais il faut attribuer au dépôt erratique des plaines une autre origine. Cette cause agit peut-être encore aujourd'hui sous nos yeux. Chaque année, les détroits du grand labyrinthe des terres arctiques sont obstrués par les champs de glaces et les débris des glaciers. Ces radeaux flottants emportent avec eux une immense quantité de débris, et déposent en fondant leur fardeau dans la mer. Quelques montagnes de glace vont s'aventurer très-loin vers le sud, mais la plupart des débris charriés par le courant polaire sont arrêtés à la hauteur du *gulfstream*; le banc de Terre-Neuve tout entier est le produit de cette rencontre. Si cette partie de l'Atlantique était aujourd'hui mise à sec, on y trouverait sans doute des dépôts entièrement semblables à certaines formations dites erratiques, des barres sablonneuses, des amas de matériaux incohérents, grossièrement stratifiés. Les mêmes phénomènes se produisent dans les régions polaires antarctiques: les montagnes de glace y circulent plus librement, et vont porter à des latitudes encore plus lointaines les débris dont elles sont chargées. La plupart des caractères du terrain erratique s'expliquent assez aisément, si l'on admet que les glaces flottantes ont joué le rôle d'agent de transport. Ainsi l'on a remarqué que les blocs les plus gros sont ordinairement entassés sur des crêtes: les falaises de la côte méridionale du golfe de Finlande, qui ont 50 mètres de hauteur, en sont couvertes, ainsi que les collines qui dominent le lac Onega. On ne rencontre pas un seul bloc sur les plaines de sable qui avoisinent Posen, et, pour en trouver, il faut atteindre la frontière plus élevée de la Pologne. On expliquerait difficilement ce fait par l'hypothèse de M. Agassiz; on comprend très-bien au contraire que les glaces flottantes viennent s'échouer et déposer leur fardeau sur les parties les plus hautes du fond de la mer.

Les stries qui sillonnent parfois les rochers recouverts par le terrain erratique ont fourni un des arguments les plus puissants à M. Agassiz et à ses partisans ; mais on ne voit guère pourquoi les glaces flottantes ne posséderaient pas le pouvoir de strier les roches aussi bien que les glaciers. Dans leurs longs détours à travers les détroits qu'elles obstruent chaque année, ces grandes masses exercent sans aucun doute une énergique action sur les rochers qui s'opposent à leur passage. Si les courants souterrains qui les entraînent sont assez forts pour les faire avancer quelques fois contre le vent, on comprend sans peine que, lorsque ces masses gigantesques viennent s'échouer sur un bas-fond, les pierres qui y sont incrustées impriment sur la roche solide qui forme l'obstacle des traces ineffaçables. Les débris mêmes qui sont semés sur le bas-fond, se trouvant comprimés avec une violence irrésistible, peuvent servir de burin et jouer à peu près le même rôle que la boue qu'on trouve partout sous les glaciers. Les coquilles marines qu'on a rencontrées dans beaucoup de dépôts meubles erratiques, les preuves aujourd'hui multipliées que la partie boréale de notre hémisphère est sortie des eaux depuis une époque géologique très-récente et subit encore un certain mouvement d'exhaussement, toutes ces considérations se réunissent pour donner une grande probabilité à l'hypothèse qui attribue, en partie du moins, à l'action des glaces flottantes ce qu'on nomme un peu vaguement encore le terrain erratique. On en sait assez aujourd'hui pour affirmer que tout ce qui est encore compris sous ce nom ne peut être attribué à une cause unique ; mais on n'est pas encore en état de faire la part des origines diverses de ce terrain, parmi lesquelles, avec les glaciers proprement dits et les glaces flottantes, il faut compter les grands courants qui ont balayé diverses parties du globe à la suite des dernières révolutions dont la terre a été le théâtre.

En résumé, on peut distinguer dans les travaux de M. Agassiz sur les glaciers deux parties, l'une théorique, l'autre expérimentale : la première discutable dans certains développements extrêmes, la seconde digne de l'admiration et de la reconnaissance du monde savant. Ses descriptions des glaciers des Alpes et des phénomènes dont ils sont les agents, ses expériences sur la vitesse de ces grands fleuves solides garderont toujours une incontestable valeur. Il a ajouté un chapitre attrayant à la géologie et à la géographie physique ; en même temps il a inauguré l'étude de ce terrain erratique, encore si incomplète, et dont la connaissance approfondie est destinée sans doute à jeter tant de jour sur les dernières révolutions du globe, peut-être même sur les mystérieuses origines de la race humaine.

## II. — TRAVAUX D'HISTOIRE ET DE PHILOSOPHIE NATURELLES.

La carrière du naturaliste, étudiée dans ses traits généraux, nous fera mieux saisir encore son vrai rôle et son originalité (1).

Les dispositions du jeune Agassiz pour les sciences naturelles se manifestèrent de bonne heure. Né en 1807, sur les bords du lac de Morat, le futur historien des poissons fossiles y passa son enfance, préludant à ses savants travaux par des recherches sur

---

(1) Voici quelques-uns des ouvrages qui ont marqué la place de M. Agassiz dans le domaine des études zoologiques et paléontologiques : *Recherches sur les Poissons fossiles*, Soleure, 1833-43 ; — *Description des Échinodermes fossiles de la Suisse*, Soleure, 1839-40 ; — *Études critiques sur les Mollusques fossiles*, 1840-45 ; — *Histoire naturelle des Poissons d'eau douce de l'Europe centrale*, Soleure, 1840 ; — *Monographie des Poissons fossiles du système dévonien*, 1845 ; — *Principles of Zoology*, Boston, 1848 ; — *Lectures on comparative Embriology*, Boston, 1849 ; — *Lake Superior*, etc., Boston, 1850.

les mœurs et les habitudes des poissons d'eau douce. Après avoir terminé son éducation première à Lausanne, le jeune observateur fut un moment sur le point, pour obéir aux intentions de sa famille, d'entrer dans une maison de commerce ; mais il parvint à faire triompher ce qui était déjà une véritable vocation, et obtint d'aller à Zurich étudier la médecine et la chirurgie. Il alla passer ensuite quelque temps à l'université d'Heidelberg, où il s'appliqua à l'étude de l'anatomie, sous la direction du professeur Tiedemann. Néanmoins la carrière scientifique de M. Agassiz ne commença réellement qu'à Munich : il y resta quatre années entières, et, bien que simple étudiant, il ne tarda pas à se lier avec les savants professeurs que le gouvernement bavarois venait d'appeler à cette université, nouvellement fondée. Il vivait dans la maison même du professeur Dollinger, qui l'initia aux mystères de l'embryogénie. Oken lui enseigna les principes de la classification naturelle ; Martius, l'organisation des végétaux et les lois de leur distribution. Il eut, à l'âge de vingt et un ans, l'honneur d'être le collaborateur de ce savant, qui était récemment revenu de l'Amérique du Sud, et qui lui confia la tâche de décrire les poissons qu'il avait rapportés du Brésil. Après avoir pris les degrés de docteur en médecine et de docteur en philosophie, M. Agassiz alla passer quelque temps à Vienne et y poursuivit ses études favorites sur les poissons. Un ami de son père lui fournit à cette époque les moyens de faire le voyage de Paris, où il fut assez heureux pour se lier avec Cuvier et M. de Humboldt. L'accueil que lui firent ces illustres savants décida sans doute de sa carrière. M. de Humboldt lui offrit sa généreuse protection, qui depuis ne lui fit jamais défaut. Cuvier ne se contenta pas de l'encourager dans ses travaux ; il lui donna encore une marque de confiance vraiment extraordinaire, en mettant à sa disposition tous les matériaux qu'il avait lui-même patiemment recueillis pour faire l'his-

toire des poissons fossiles. Cet héritage ne pouvait tomber en de meilleures mains; mais un pareil acte de désintéressement scientifique honore autant celui qui en a la pensée que celui qui en est l'objet.

Après la mort de Cuvier, M. Agassiz retourna en Suisse et fut presque aussitôt nommé professeur d'histoire naturelle à Neuchâtel. La paisible cité devint alors un des centres du mouvement scientifique : c'est là que M. Agassiz écrivit ses ouvrages les plus importants. Il y mena de front l'étude des glaciers et les travaux zoologiques les plus variés. Il ne se contenta pas d'étudier les animaux vivants, comme font les zoologistes proprement dits, ou, comme les paléontologistes, les animaux éteints. Avec la noble ambition d'embrasser tous les êtres dans ses classifications, il fit rentrer dans un cadre agrandi les faunes disparues et la faune actuelle. Pendant qu'il travaillait à l'*Histoire naturelle des Poissons d'eau douce de l'Europe*, il achevait les *Recherches sur les Poissons fossiles*, qui le placèrent immédiatement au premier rang parmi les naturalistes. Ce bel ouvrage est pour l'histoire des poissons un monument aussi important que les *Recherches sur les Ossements fossiles* pour les mammifères. Les découvertes de Cuvier seront toujours, sans nul doute, le chapitre le plus attachant de la paléontologie par la netteté des caractères et l'intérêt supérieur qui s'attache aux animaux terrestres; mais on ne peut nier qu'au point de vue de l'utilité géologique, les mammifères ne le cèdent aux poissons, car, tandis que les premiers ne se retrouvent qu'isolément, dans une partie seulement des formations géologiques, les poissons ont vécu dans les mers de toutes les époques. On en rencontre des restes jusque dans ce terrain où l'on a découvert les premières et les plus anciennes traces de la vie organique, et auquel le célèbre géologue anglais Murchison a donné le nom de *silurien*, parce qu'il fut d'abord étudié dans la partie de

l'Angleterre autrefois habitée par les Silures. Le terrain *dévonien*, placé immédiatement au-dessus du terrain silurien, est remarquable par l'abondance et la singularité des poissons qu'il renferme; en remontant l'ordre des formations géologiques, on en trouve encore d'analogues dans le terrain carbonifère, qui contient dans quelques parties, sous forme de houille, les restes d'une ancienne et puissante végétation. A ces dépôts anciens succédèrent les formations qu'on appelle *secondaires*: dans cette série nouvelle, les couches où l'on a découvert les poissons les plus nombreux sont celles du *terrain jurassique*, auxquelles les géologues ont donné ce nom, parce que la chaîne du Jura est due aux soulèvements qui les ont fait surgir en larges ondulations. On rencontre également des restes de poissons dans le terrain suivant, connu sous le nom de *terrain crétacé*, à cause des immenses couches de craie qu'il renferme, et qui sont si développées en France, par exemple dans certaines parties de la Champagne. Enfin les poissons deviennent de plus en plus variés, et se rapprochent graduellement de ceux que nous connaissons aujourd'hui, pendant la longue période des terrains tertiaires, qui sont les plus récents, et auxquels il faut rapporter les dépôts qui forment le grand bassin géologique dont Paris est le centre.

Aussitôt qu'il commença l'étude des poissons fossiles, M. Agassiz comprit que la classification dont Cuvier s'était contenté était insuffisante. Le naturaliste français s'était borné à distinguer les poissons osseux et les poissons cartilagineux, qui n'ont point de véritables os, mais de simples cartilages. Ces derniers animaux se retrouvent en très-grand nombre parmi les poissons fossiles, et, comme d'ordinaire ils n'ont laissé d'autre trace que les écailles qui recouvraient leur corps, M. Agassiz prit ces écailles mêmes pour base d'une classification nouvelle. Il y a sans doute une corrélation profonde entre ce trait extérieur et l'organisation même

des poissons, puisque tout s'enchaîne et se lie dans la nature animale ; pourtant on comprendrait difficilement que M. Agassiz eût accordé tant d'importance à ce caractère unique, s'il n'y eût été en quelque sorte contraint. Tout en admirant le parti qu'il a su en tirer, on ne peut, à première vue, s'empêcher de craindre que la classification qui s'appuie sur un fondement en apparence aussi frêle ne manque de solidité ; mais les conclusions auxquelles M. Agassiz est arrivé en la développant ont un tel caractère d'ordre et de généralité, qu'on se sent bientôt disposé à les admettre avec confiance. Ces résultats inattendus ont jeté un jour tout nouveau sur l'enchaînement des êtres à travers les âges, et ont inspiré à M. Agassiz la doctrine zoologique qu'il défend aujourd'hui, et qui sera développée plus loin.

Le naturaliste suisse divise les poissons en quatre ordres, caractérisés, comme l'indique leur nom, par la forme des écailles, — placoïdes, ganoïdes, cycloïdes et cténoïdes. — Les mers n'ont d'abord été peuplées que par les poissons des deux premiers ordres. Les placoïdes n'ont qu'un squelette cartilagineux ; leur peau est recouverte de larges plaques d'émail ou de petits corps osseux, après au toucher. Ils ont traversé toutes les époques et sont encore aujourd'hui représentés par la nombreuse tribu des squales, par les requins au corps recouvert de chagrin, les raies, les scies au museau allongé en lame, les chimères, les cestracions.

Si l'ordre des placoïdes renferme à peu près tous les poissons que Cuvier nommait cartilagineux, ceux qu'il nommait les poissons osseux sont compris dans les deux ordres des cycloïdes et des cténoïdes. La perche peut servir de type aux cténoïdes, tandis que les cycloïdes sont représentés par la famille des carpes, des brochets, des saumons, etc.

L'ordre des ganoïdes constitue un type qui se sépare à la fois de celui des poissons osseux et des poissons cartilagineux ; à peine

représenté dans la faune actuelle, il a joué en revanche le rôle le plus important dans celle des premiers âges géologiques. Parmi les poissons, il n'en est pas qui offrent des caractères plus remarquables et plus étranges que les ganoïdes. Au lieu d'être, comme chez les autres animaux de cet embranchement, disposées à peu près comme des tuiles ou des ardoises sur un toit, leurs écailles sont rangées les unes à côté des autres comme des pavés : ce sont des plaques larges et solides, recouvertes d'une couche brillante d'émail, qui embrassent le corps comme une puissante cuirasse. Le squelette des ganoïdes présente aussi des caractères tout à fait originaux. On sait que, dans les poissons ordinaires, la colonne vertébrale s'arrête au point où commence la nageoire caudale ; dans les ganoïdes anciens, elle s'étendait jusqu'à l'extrémité même de la queue, et la nageoire s'y attachait à peu près comme le gouvernail à un bateau. Ce caractère, qui donne aux ganoïdes un aspect tout particulier, s'est perpétué jusqu'au début de la période jurassique ; mais la fin de cette ère fut le signal de leur prompt décadence, et depuis lors les mers ont été livrées exclusivement à l'empire des autres ordres. On ne connaît plus aujourd'hui que de rares représentants des ganoïdes, le *lepidosteus*, qui habite les rivières de l'Amérique du Nord, le *bichir* du Nil, les esturgeons, les coffres, etc.

Les recherches de M. Agassiz ont jeté une vive lumière sur les variations des formes organiques depuis les époques les plus anciennes jusqu'à la période moderne. Dans les huit mille espèces de poissons actuels, on trouve, pour employer l'expression du naturaliste suisse, une queue *homocercue*, formant un appareil de forme symétrique placé à l'extrémité de la colonne vertébrale : les poissons ganoïdes de la mer dévonienne, et plus tard de la mer carbonifère, avaient une queue *dissymétrique* ou *hétérocercue*, divisée en deux parties inégales par le prolongement de la

colonne vertébrale. M. Agassiz fut frappé du rapport que présente la construction des poissons aux différents âges de la terre avec les variations singulières qui accompagnent le développement embryonique de chaque individu. Les embryons de certains poissons commencent en effet par avoir une queue semblable à celle des anciens ganoïdes, et ce caractère n'est pas le seul qui rappelle les poissons des premiers âges. A l'époque où le jeune sort de l'œuf, les vertèbres sont cartilagineuses, la bouche est placée transversalement au-dessous d'une tête fortement aplatie. Que l'on compare ces caractères avec ceux des poissons dévonien, et l'on ne pourra manquer de remarquer une analogie saisissante.

Dans l'embryon actuel, la ressemblance avec les poissons primitifs n'est que passagère, et les caractères nouveaux que l'animal doit conserver pendant toute la durée de son existence se développent avec rapidité. Ces modifications, aujourd'hui renfermées dans la période éphémère de la vie embryonique, sont l'image fidèle de celles qui se sont opérées pendant la longue série des âges antérieurs à l'apparition de l'homme. Ainsi les ganoïdes à carapace osseuse ont été peu à peu remplacés dans les mers par des ganoïdes à véritables écailles; les caractères qu'on pourrait appeler embryogéniques se sont effacés graduellement: la bouche a pris la position normale qu'elle possède dans les poissons actuels, le corps et la tête se sont allongés, la colonne vertébrale s'est ossifiée et séparée de la nageoire caudale. Enfin il ne reste plus aujourd'hui que quelques genres seulement qui n'aient point subi ces altérations, et qui demeurent comme les souvenirs d'un passé lointain.

En somme, on peut distinguer trois périodes principales dans l'histoire des poissons. Dans la première, les formes sont embryoniques; au lieu d'épine dorsale, les poissons n'ont qu'une corde

cartilagineuse. Pendant la seconde, qui commence avec l'ère jurassique et forme en quelque sorte une époque de transition, paraissent les premiers poissons homocerques, et la tête prend des formes plus effilées. Enfin avec l'époque crétacée commence l'ère des véritables poissons osseux. Cette succession forme une série parallèle au développement embryogénique des individus actuels, et il semble que la nature ait opéré lentement, pour la classe entière des poissons, le travail qu'elle renouvelle encore pour chacun d'eux en particulier.

Après avoir publié la monographie des poissons du vieux grès rouge, qui forme un supplément important aux *Recherches sur les Poissons fossiles*, et qui fut entreprise à la requête de l'*Association britannique pour l'avancement des sciences*, M. Agassiz partit pour l'Amérique, afin de chercher de nouveaux matériaux pour compléter l'histoire des anciennes faunes marines en même temps que pour recueillir de nouvelles observations sur les poissons de la faune actuelle. L'accueil qu'il reçut dans le nouveau monde, où il ne se rendait que pour remplir la mission scientifique dont le roi de Prusse l'avait chargé, le succès éclatant des leçons qu'il donna à l'Institut Lowell de Boston, le déterminèrent à se fixer aux États-Unis, où il occupe aujourd'hui la chaire de zoologie et de géologie à l'École scientifique annexée à l'université de Cambridge.

Depuis qu'il habite l'Amérique, le savant naturaliste a donné une forme méthodique et plus arrêtée à la comparaison entre la succession des formes organiques et le développement embryogénique des êtres. Il étend aujourd'hui à toutes les parties de la nature animée les notions que l'étude des poissons fossiles lui a primitivement inspirées. Les *Éléments de Zoologie populaire* qu'il a publiés pour les écoles de la Nouvelle-Angleterre, tous les travaux partiels qu'il a insérés dans les journaux savants depuis

quelques années, ne sont qu'un continuel développement de ces principes nouveaux. La confiance qu'ils lui inspirent est si grande, qu'il laisse quelquefois la théorie devancer l'observation, et trace un cadre aux faits avant même de les avoir suffisamment observés. Les erreurs et les imperfections sont inévitables dans l'établissement de toute synthèse scientifique nouvelle; mais celle que M. Agassiz complète aujourd'hui offre à l'esprit de si séduisantes perspectives et des vues si profondes sur l'ensemble de la nature animée, présente et passée, qu'il est nécessaire de l'exposer avec quelque détail.

Pour mieux faire comprendre la doctrine de M. Agassiz et l'originalité de ses conceptions, il ne sera pas inutile de rappeler brièvement de quelle manière ont été résolues avant lui les hautes questions de philosophie naturelle que les découvertes de la paléontologie ont soulevées. Les animaux qu'on trouve enfouis dans les diverses formations géologiques diffèrent de ceux qui habitent aujourd'hui notre terre, et sont les représentants de populations anéanties que nous n'aurions-jamais connues, si, à l'aide de quelques débris, la science n'était parvenue à les reconstituer. Comment les animaux actuels ont-ils pris la place de tant d'êtres disparus? L'explication la plus simple consiste à supposer que tous les animaux ont été créés simultanément, répartis inégalement sur le globe, et que, dans la longue série des âges, ils ont changé de station; en même temps, les espèces, les genres et les familles n'étant doués que d'une vitalité bornée, des extinctions successives auraient eu lieu dans le règne animal. Cuvier défendit cette hypothèse, en se préoccupant surtout des migrations et des extinctions des animaux terrestres; mais, depuis que la paléontologie a fait connaître les grandes faunes marines des temps passés, cette théorie, trouvée en défaut, a été à peu près abandonnée. Au lieu de croire que la population terrestre ait été constamment

en s'appauvrissant, les naturalistes sont généralement aujourd'hui d'accord pour admettre qu'à de nombreuses reprises des êtres nouveaux ont apparu sur le globe à mesure que disparaissaient les anciens; mais on a voulu expliquer ce remplacement mystérieux, et de nouveaux systèmes se sont produits. Ceux qui considèrent les espèces animales comme absolument invariables, sont forcés d'admettre qu'il y a eu plus d'une création, et font intervenir la puissance divine chaque fois qu'ils rencontrent une espèce nouvelle : ils refusent de reconnaître une filiation quelconque entre les animaux actuels et les animaux éteints, une marche progressive de l'imparfait vers le parfait dans la succession chronologique des êtres. Ceux au contraire qui ont accepté, en les modifiant plus ou moins profondément, les idées de Lamarck, admettent que les espèces animales se sont transformées d'âge en âge, par suite des révolutions physiques dues au lent refroidissement de la terre et aux violents cataclysmes qui en ont tant de fois brisé et accidenté la surface. Au lieu de chercher uniquement dans la nature externe la cause des changements qu'a subis la nature animée, l'illustre Geoffroy-Saint-Hilaire les fit découler d'une cause qui lui serait inhérente et serait l'un des attributs mêmes de la vie. Un plan unique préside, suivant lui, au développement de toutes les formes organiques, et les variations multipliées que nous y observons sont dues à l'action variable de cette force, sans cesse contre-balancée par une force contraire, qui impose des limites à la fécondité créatrice de la nature. Ainsi, de ces quatre théories, la première est fondée sur une création unique et des extinctions successives, la deuxième sur des créations multiples et la négation de tout progrès organique, les deux dernières sur une transformation des êtres due, soit aux modifications de la nature physique, soit à l'action même des forces vitales.

M. Agassiz n'a adopté, au moins dans son entier, aucune de ces théories; il a introduit des considérations absolument nouvelles dans l'étude de ce grand problème de la hiérarchie et de la succession des êtres organisés. — Il n'admet point le principe posé par Geoffroy-Saint-Hilaire, et connu sous le nom de l'unité du plan organique des êtres; suivant lui, il y a au contraire plusieurs plans organiques entièrement distincts; comme un architecte emploie des ordres divers, la nature semble avoir voulu travailler sur des types ou modèles différents, et les grandes divisions naturelles établies, sous le nom d'embranchements, par les naturalistes, loin d'être des conceptions artificielles, ne font que répondre à cette diversité. M. Agassiz n'accepte pas non plus la théorie du développement graduel des êtres fondée sur la transformation des espèces. A l'époque où il habitait encore l'Allemagne, il penchait vers cette doctrine; mais aujourd'hui on ne pourrait trouver chez aucun naturaliste une croyance plus profonde et plus vigoureuse à l'immutabilité absolue des espèces. Nous en avons la preuve dans cet extrait d'une lettre écrite à propos de la découverte de poissons sans yeux dans une caverne, en 1842 : « Pour ma part, je crois que les animaux aveugles de la caverne ne montreraient d'organes de la vue que pendant la période embryonique, en conformité avec le développement normal des types respectifs auxquels ils appartiennent. Je crois même que, placés sous l'influence d'une lumière modérée, incapable de les injurier, mais suffisante pour favoriser le développement des yeux dans les espèces alliées qui en possèdent, les jeunes des espèces particulières à la caverne deviendraient graduellement aveugles, tandis que les autres pourraient acquérir des yeux parfaits; car je suis convaincu, par tout ce que je sais de la distribution géographique des animaux, qu'ils ont tous été créés pour les circonstances où ils vivent actuellement, placés dans les limites entro

lesquelles ils ont été distribués, et avec les particularités de structure qui les caractérisent aujourd'hui. » On ne saurait heurter plus hardiment de front l'opinion des naturalistes qui, à la suite de Lamarck, admettent que les organes des animaux se développent ou s'atrophient suivant les circonstances, et que les forces mystérieuses qui président à la vie demeurent soumises, dans une certaine mesure, aux nécessités changeantes que leur impose la nature inorganique. M. Agassiz professe, relativement aux faunes anciennes, la doctrine absolue qu'il applique à la faune actuelle. Chaque fois, selon lui, qu'une création nouvelle a repeuplé la terre, la structure et la répartition des animaux ont été déterminées par la puissance créatrice elle-même : chacun d'eux a été pourvu d'attributs invariables, en rapport avec la fonction et la place qui lui étaient assignées, et les a transmis sans altération à tous ses descendants, jusqu'au jour où une destruction radicale de tous les êtres est venue mettre fin à cette ère d'harmonie et de stabilité organiques.

Pour combattre la doctrine de la transformation des espèces, on a l'habitude de ne chercher des preuves que dans la nature aujourd'hui vivante, et l'on n'a point de peine à faire voir qu'il est impossible de reconnaître la moindre altération dans les caractères des animaux depuis les époques les plus reculées jusqu'à nos jours. L'étude des faunes anciennes a fourni à M. Agassiz des arguments d'un ordre nouveau. Il a montré que les faunes successives qui ont peuplé la terre ne peuvent être dues à un petit nombre de germes primitifs, parce qu'à toutes les époques le nombre des espèces animales a été aussi considérable qu'aujourd'hui. Pour faire une pareille comparaison, il ne serait pas juste, comme il le fait remarquer avec raison, de mettre le nombre total des espèces animales actuelles en regard de celles qui caractérisent les différentes périodes géologiques. La paléontologie ne

peut étudier les faunes détruites qu'en des points isolés, et ne peut arriver à connaître qu'une bien faible partie des débris qui demeurent cachés dans les profondeurs du sol. Il faut donc, pour procéder à une telle comparaison, la circonscire dans les bassins déterminés qui se trouvent le mieux connus, et l'on s'assure ainsi qu'au point de vue du nombre des espèces, elle n'est point défavorable au passé. Les patientes recherches de M. Deshayes ont élevé à plus de douze cents le nombre des mollusques du bassin de Paris. Nulle partie de la terre ne présente aujourd'hui sur une égale surface une telle variété de formes organiques. La Méditerranée entière n'est habitée que par six cents espèces de mollusques environ; celles des côtes de l'Europe baignées par l'Atlantique sont au nombre de six cents; la faune des îles Séchelles en comprend trois cents, celle des îles Maurice, Bourbon et Madagascar, trois cents également; celle de la mer Rouge, quatre cents; celle des côtes de l'Amérique centrale, situées près des tropiques, entre le 22° et le 28° degré de latitude, cinq cents. Les bancs de polypiers les plus anciens, de même que ceux de la période jurassique qu'on trouve dans le Jura, la Suisse, l'Allemagne et la Normandie, sont aussi riches en espèces que les bancs de corail qui s'élèvent de nos jours dans la mer Rouge, dans le Pacifique et sur les côtes de l'Australie. Les insectes sont de tous les animaux ceux dont les restes ont dû le plus vite céder à l'action destructive du temps; pourtant ceux que l'on a découverts à Oeningen, et qui ont été décrits par M. Oswald Heer, forment une tribu aussi nombreuse qu'aucune de celles qu'on pourrait aujourd'hui trouver dans les mêmes limites géographiques. On sait en quelle énorme quantité les débris de poissons se rencontrent au mont Bolca en Italie, à Solenhofen en Allemagne, à Lyme-Regis en Angleterre. Quant aux mammifères eux-mêmes, les découvertes faites dans le Brésil et dans l'Australie ont donné la preuve que

les animaux fossiles appartenant à cette classe y sont plus nombreux que ceux qui sont aujourd'hui vivants. Les débris trouvés dans la colline de Montmartre se rapportent aussi à des espèces qui dépassent numériquement celles qui habitent actuellement la France. M. Agassiz insiste fortement sur tous ces exemples, auxquels il ajoute encore la découverte très-récente de nombreux fossiles dans les *mauvaises terres* du Nebraska, en Amérique, pour prouver que les types actuels ne proviennent point de ce qu'on pourrait nommer la *différentiation* de quelques types primitifs; il croit pouvoir en conclure qu'il n'y a aucun ordre de filiation généalogique entre les espèces qui ont vécu pendant les diverses formations géologiques. Il semble cependant que la seule conclusion rigoureuse qu'on puisse tirer de ces comparaisons, c'est que la nature s'est montrée autrefois aussi féconde qu'aujourd'hui.

Les recherches de M. Agassiz l'ont conduit à poser en principe que les divers types naturels n'ont primitivement été représentés que sous les formes les plus humbles, qui rappellent les embryons actuels. Ce fait remarquable ne peut-il point servir à donner jusqu'à un certain point l'explication de la multiplicité des espèces dans les anciens terrains, en supposant qu'elle soit générale, qu'elle puisse s'appliquer à toute la surface du globe et à toutes les formations? Le perfectionnement de l'organisation paraît aujourd'hui encore coïncider avec la réduction du nombre des espèces. Tant que la nature animée ne revêt que des formes rudimentaires, elle s'essaye pour ainsi dire dans toutes les directions, et se prête aux variations les plus étranges. Plus l'organisation se définit et se complique, plus ce mouvement d'expansion est enfermé entre des limites rapprochées. Un des traits les plus saisissants du règne animal n'est-il pas le chiffre restreint des mammifères, qui forment une véritable aristocratie, si on les compare aux oiseaux, à la foule des poissons qui pullulent dans les mers et

les fleuves, à la multitude des mollusques, enfin à ces myriades d'animaux inférieurs dont les formes présentent tant de variétés, que la mémoire la plus tenace ne peut en conserver fidèlement le souvenir?

Quoi qu'il en soit, M. Agassiz ne croit point qu'on puisse reconnaître une parenté naturelle entre les faunes qui ont successivement animé notre globe. Suivant lui, les grandes révolutions géologiques, qui ont à de fréquentes reprises inauguré des phases nouvelles dans l'histoire de la terre, ont toujours amené la destruction complète de tous les êtres vivants. Une création nouvelle a chaque fois repeuplé le globe; des animaux différents ont été distribués dans des zones d'habitation marquées, et placés dans les stations qu'ils étaient destinés à occuper. M. Agassiz n'admet point qu'on puisse trouver une seule espèce identique dans deux formations géologiques qui se suivent. La classification des terrains tertiaires n'étant fondée actuellement que sur la proportion du nombre des espèces qui y sont contenues avec les espèces identiques encore existantes, il attaque cette méthode, imaginée par sir Charles Lyell, et cherche à prouver qu'elle ne repose que sur de vicieuses déterminations d'espèces. Une pareille discussion ne peut pas être très-profitable, quand on admet, comme le fait M. Agassiz, que les coquilles de deux animaux peuvent présenter les mêmes caractères sans que les animaux soient identiques, et que les espèces mêmes qui nous paraissent entièrement semblables ne le sont peut-être pas en réalité, parce que nous n'avons pas des moyens d'observation suffisants pour découvrir ce qui les sépare. Au reste, le professeur de Cambridge ne prétend tracer aucune limite à la puissance créatrice, et, lui laissant la faculté de recommencer ce qu'elle avait déjà fait une fois, il se borne à considérer comme improbable qu'il y ait des espèces communes

dans deux créations consécutives. De telles restrictions rendent tout débat sur ce point aussi impossible qu'inutile.

Tout en admettant qu'il y a eu des créations répétées, M. Agassiz se sépare nettement de la majorité des partisans de cette hypothèse. Dans les grands événements dont la terre a été le théâtre, ceux-ci ne voient en quelque sorte qu'une suite de tableaux qui ne sont reliés par aucune action, par aucune pensée commune : repoussant toute idée de continuité dans le développement des formes organiques à travers les âges, ils rejettent la croyance au perfectionnement graduel des êtres ; M. Agassiz y croit au contraire très-fermement, et c'est là que réside l'originalité de sa doctrine. A travers les destructions et les vicissitudes, il a poursuivi la trace du plan auquel la puissance créatrice est restée fidèle, et il s'est efforcé d'en saisir l'ordonnance. — Ses études sur les poissons l'amènèrent à cette importante découverte, que les types animaux ont été représentés dans les faunes primitives par des espèces qui, suivant son expression, sont les images prophétiques et agrandies des embryons actuels. Le progrès organique consisterait donc dans le passage graduel des caractères embryoniques aux caractères présents. Si l'on restaure, à l'aide des restes fossiles, les principaux représentants d'une classe particulière d'animaux, on s'assure qu'à chacune des diverses périodes zoologiques ils ont présenté des caractères nouveaux. Or ces changements n'ont point eu lieu d'une façon arbitraire : ils se sont opérés dans un ordre régulier, semblable à la série des métamorphoses que subissent, avant d'arriver à leur forme définitive, les représentants actuels de cette classe. Les animaux qui vivent autour de nous sont, à l'état d'embryon, de véritables miniatures de ceux qui habitaient la terre il y a des myriades d'années. Mais, si l'on ne considère que les êtres actuels, on remarque aussi que certains animaux, durant les premières époques de leur existence, ressem-

blent à d'autres parvenus à leur état définitif. Un animal quelconque peut être ainsi regardé comme le représentant, à l'état permanent, d'un autre animal observé pendant l'une des phases transitoires de la vie embryonique. Les insectes, par exemple, offrent, sous forme de larve, tous les caractères des vers, et l'on est en droit de considérer ceux-ci comme des insectes arrêtés dans leur développement. Les singuliers animaux qu'on nomme méduses parce que leurs bras entrelacés rappellent la chevelure de la Méduse antique, avant d'errer librement dans les mers, demeurent, au début de leur existence, fixés aux rameaux d'une sorte d'arbuste vivant analogue au corail. Les animaux qui appartiennent à la classe des coraux peuvent donc être regardés comme des méduses immobilisées dans leur forme première.

Les transformations qui signalent aujourd'hui la vie des individus sont exactement analogues, — comme le célèbre Léopold de Buch le faisait déjà remarquer avec étonnement, à propos de certains fossiles dont il publia la monographie, — aux transformations que subissent ces familles pendant la longue série des ères géologiques. Après avoir été conduit à prendre pour mesure du progrès organique qui s'est opéré pendant ces périodes successives le passage graduel des formes les plus humbles, les plus embryoniques, aux formes actuelles, M. Agassiz devait se trouver naturellement disposé à régler, d'après la même mesure, la hiérarchie des êtres actuels : il devait être conduit à les classer d'après le nombre et l'importance de leurs métamorphoses. C'est au point de vue de ces transformations, dont l'étude constitue l'embryogénie, que M. Agassiz a tenté d'établir une classification nouvelle, à laquelle la paléontologie doit en quelque sorte servir de vérification, s'il est vrai que les animaux aient apparu les uns après les autres dans le même ordre où ils doivent être rangés sur une échelle rationnelle.

## III. — NOUVELLE CLASSIFICATION DES ÊTRES.

A toute époque, la classification représente exactement l'état des sciences naturelles, parce qu'elle est l'expression immédiate et abrégée de la méthode qui a dirigé l'étude de la nature, comme des principes sur lesquels cette méthode s'est fondée. Ainsi dans l'antiquité la classification n'a eu d'autre base, à vrai dire, que la distinction des éléments où vivent les animaux : l'eau était considérée comme l'empire des poissons, l'air celui des oiseaux, le sol celui des quadrupèdes. Cuvier souleva le voile qui recouvre les opérations de la nature ; il étudia les êtres dans leur structure même. L'anatomie comparée, dont il est l'illustre fondateur, lui permit de les grouper d'après des types nettement définis, et un grand nombre des divisions qu'il est parvenu à établir ne seront certainement jamais modifiées. Cependant l'histoire naturelle des animaux inférieurs a fait aujourd'hui de tels progrès, les catalogues sont encombrés d'une telle multitude d'êtres dépourvus de ces caractères anatomiques simples particuliers aux classes les plus élevées, qu'il est de toute nécessité de chercher un nouveau fil pour se conduire dans un dédale qui s'agrandit chaque jour. Ce fil, suivant M. Agassiz, est l'embryogénie comparée. En cherchant à préciser les lois de cette science nouvelle, à montrer de quelle importance est l'étude des changements que subit chaque être depuis le moment où il commence à vivre jusqu'à celui où il arrive à son état permanent, le célèbre naturaliste a introduit dans la zoologie des considérations aussi neuves que fécondes.

Voici quel est le caractère essentiel et vraiment original du grand travail de classification tenté par M. Agassiz. Le tableau des divisions hiérarchiques établies par le professeur de Cambridge peut servir de tableau chronologique destiné à représenter l'histoire du règne animal. On y trouve les principaux groupes organiques ran-

gés dans l'ordre même où ils ont apparu sur la terre. La foi du naturaliste suisse dans cette concordance entre la hiérarchie animale et la succession chronologique des êtres est si profonde, qu'à défaut d'autre secours il n'hésite pas à déclarer que l'ordre d'apparition de deux familles en trahit suffisamment le degré d'importance zoologique. Dans un remarquable discours prononcé en 1850 à Charlestown à la réunion de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, M. Agassiz s'exprimait ainsi à ce sujet : « J'irai jusqu'à dire que le temps viendra où l'âge relatif des fossiles, entre certaines limites, sera un guide aussi sûr que les faits dérivés de l'étude de leur structure, pour indiquer la position normale qu'ils occupent dans le système de la nature, tant sont intimes les rapports qui unissent entre elles toutes les parties du plan admirable que nous présente la création. »

Jusqu'à quel point les découvertes paléontologiques modernes justifient-elles les assertions hardies de M. Agassiz? Y a-t-il dans chacun des groupes organiques un parallélisme constant entre l'ordre de succession chronologique des êtres et la classification naturelle? Si cette corrélation est générale, les représentants des divers types organiques doivent être d'autant plus imparfaits et revêtir des formes d'autant plus rudimentaires, qu'on les rencontre dans des terrains plus anciens.

L'embranchement animal le plus élevé, qui comprend sous le nom commun de vertébrés les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les poissons, fournit les exemples les plus nombreux et les plus connus à l'appui de la doctrine du développement graduel des formes organiques, comme l'ont démontré les travaux de Cuvier, de Geoffroy-Saint-Hilaire, de Blainville, de Richard Owen et de M. Agassiz lui-même. Les poissons, qui occupent le dernier rang parmi les vertébrés, ont été, à une époque extrêmement reculée, les souverains de la création; mais l'empire leur a peu à

peu échappé et a été saisi par les reptiles, dont l'organisation est déjà supérieure; enfin il appartient aujourd'hui aux mammifères, qui sont les plus parfaits de tous les animaux. Si l'on examine en détail le développement de chacune de ces classes, on y trouve aussi des preuves multipliées du progrès organique : les recherches de M. Agassiz sur les poissons en ont fourni de nombreuses, et l'étude des mammifères fossiles en a fait aussi découvrir de très-saisissantes. Les plus anciens animaux de cette classe qu'on ait réussi à trouver dans les couches terrestres appartiennent tous à cette tribu imparfaite représentée aujourd'hui par les timides kangourous de la Nouvelle-Hollande. Les vues théoriques de M. Agassiz trouvent aussi une confirmation dans l'étude des diverses classes qui forment les embranchements inférieurs à celui des vertébrés. Il a mis à contribution tous les travaux de la science moderne pour démontrer que les formes les plus rapprochées des embryons actuels ont toujours apparu les premières dans la suite des époques géologiques, et que l'avènement des divers types organiques s'est opéré dans l'ordre même que leur assigne une classification fondée sur l'embryogénie comparée. Pour la classe des échinodermes en particulier, qui comprend les oursins, les étoiles de mer, etc., les travaux importants et très-étendus qu'il avait publiés autrefois, avec le concours de M. Desor, lui permettaient de découvrir mieux qu'un autre ce parallélisme remarquable. Deux groupes organiques se sont pourtant montrés rebelles à la théorie de M. Agassiz : le premier de ces groupes appartient à l'embranchement des mollusques, qui comprend ces animaux dont le corps mou, privé de squelette, de membres articulés, est ordinairement enfermé dans une coquille. Tous les naturalistes s'accordent à considérer comme les plus parfaits des mollusques ceux qu'on nomme céphalopodes, parce que leur tête est entourée de longs tentacules qui leur servent de pieds pour ramper au fond de la

mer. Dans le système de M. Agassiz, ce sont les classes les plus dégradées qui ont dû apparaître les premières dans l'ordre des temps géologiques; pourtant on a retrouvé des représentants de la classe des céphalopodes dans les terrains les plus anciens. Parmi les animaux qui ont joué un rôle prédominant dans les faunes primitives du globe, il faut aussi nommer ces crustacés qu'on nomme *trilobites*, à cause de la disposition de leurs lobes ou anneaux. M. Agassiz s'exprime ainsi en parlant de ces singuliers animaux, dont l'importance n'a été révélée que depuis ces dernières années: « Tous les genres de trilobites semblent être, dans une forme gigantesque, les images prophétiques des divers types des crustacés actuels à l'état d'embryon. » Cette opinion, il faut le dire, n'est point acceptée par M. Barrande, dont les recherches sur le terrain silurien de la Bohême ont ajouté de si précieux matériaux à l'histoire de ces animaux, et qui a été assez heureux pour en trouver des embryons et pour tracer la série entière de leur développement.

On le voit, quelques-uns des aperçus du professeur de Cambridge ne doivent être acceptés qu'avec une prudente réserve. Ce n'est qu'avec circonspection qu'on peut appliquer l'étude des métamorphoses à la classification, car s'il est permis d'une manière générale de regarder un animal comme plus parfait pendant l'âge mûr, il faut remarquer néanmoins qu'au point de vue de certains organes particuliers, cet animal à l'état embryogénique peut paraître supérieur. Bien des obscurités recouvrent donc encore les problèmes abordés avec une si grande hardiesse. Il est dangereux de fonder hâtivement des théories sur les lois du développement des êtres, parce que la découverte fortuite de quelques restes fossiles dans des couches où ils étaient jusque-là demeurés inconnus suffit quelquefois à les renverser. D'ailleurs, si la comparaison entre la succession chronologique des êtres et le développement

des embryons actuels était absolument démontrée, il nous semble que les lois générales que M. Agassiz en a tirées sont beaucoup moins en harmonie avec la théorie des créations répétées, dont il s'est constitué le défenseur, qu'avec celle de la filiation des espèces animales telle qu'elle ressort de la doctrine philosophique de l'illustre Geoffroy-Saint-Hilaire. Ceux qui ne voient qu'anarchie dans la multitude des êtres qui ont habité le globe, ceux qui s'appliquent à prouver qu'on ne saurait trouver aucun indice d'une variation ordonnée et régulière dans le développement des formes organiques, sont forcés d'admettre que la population de la terre a été détruite et renouvelée entièrement à diverses reprises; mais il est singulier de voir cette croyance partagée par M. Agassiz, qui regarde en quelque sorte l'histoire du règne animal comme une longue embryogénie. Si les représentants des divers types zoologiques se sont remplacés les uns les autres dans l'ordre même où nous voyons se succéder les métamorphoses des êtres actuels, une pareille concordance n'est-elle pas faite pour nous amener assez naturellement à croire que la nature s'est exercée, pendant l'incalculable série des âges, à produire les phénomènes qu'elle renouvelle aujourd'hui en un temps très-court, et qu'elle nous laisse lire le secret de son œuvre lente dans le développement actuel de chaque individu? Les recherches de M. Élie de Beaumont ont donné la preuve que le nombre des révolutions auxquelles il faut attribuer le relief des continents est beaucoup plus considérable qu'on ne l'avait autrefois soupçonné. D'ailleurs, ainsi qu'il l'a fait voir, les perturbations qu'elles ont entraînées ont été généralement bornées à une étendue restreinte, à un dix-huitième environ de la surface terrestre. On comprend difficilement, en les ramenant à ces limites véritables, que les bouleversements qui ont accidenté l'écorce du globe aient pu anéantir la population terrestre tout entière. Il n'est pas invraisemblable que ces crises

aient été renouvelées plusieurs centaines de fois, et l'on s'effraye à la pensée que le cours de la vie animale ait été entièrement suspendu à de si nombreuses reprises. Au lieu d'expliquer comme M. Agassiz le progrès organique qu'il a cru reconnaître à travers les diverses périodes de l'histoire de la terre, beaucoup de naturalistes continueront à l'attribuer aux changements qui se sont opérés dans les circonstances physiques à mesure que la planète a vieilli, et à quelque principe inhérent à la nature animée elle-même.

Telles sont donc les principales doctrines de M. Agassiz, ses vues sur les méthodes de classification naturelle, sur l'alliance de l'anatomie et de l'embryogénie comparées, sur la corrélation des faunes passées et de la faune actuelle. Il est encore un sujet sur lequel il est intéressant de connaître son opinion, nous voulons parler de la question tant débattue de l'unité ou de la diversité des races humaines. M. Agassiz l'a traitée dans un Mémoire annexé à un ouvrage publié, il y a peu de temps, en Amérique : *Types de l'Humanité*, par MM. Nott et Gliddon. Son travail a pour titre : *Esquisse des provinces naturelles du règne animal et de leur relation avec les différents types humains*. La terre est divisée en grandes zones, caractérisées par un ensemble de traits zoologiques et botaniques spéciaux. M. Agassiz cherche à prouver que les limites géographiques qui séparent ces grandes circonscriptions naturelles tracent également le domaine des différentes races humaines. Des raisonnements qu'il nous paraît superflu de discuter en détail l'amènent à cette conclusion : « La coïncidence entre la circonscription des races humaines et les limites naturelles des diverses provinces zoologiques caractérisées par des espèces différentes d'animaux est un fait qui ne peut manquer de jeter du jour, dans quelque période future, sur l'origine même des différences qui existent entre les hommes, puisqu'il montre que la nature phy-

sique de l'homme est modifiée par les mêmes lois que celle des animaux, et que les résultats généraux obtenus dans le règne animal relativement aux différences organiques des divers types doivent aussi s'appliquer à l'homme. Nous n'avons donc aujourd'hui à choisir qu'entre deux alternatives : ou bien toute l'humanité provient d'une souche commune, et toutes les différentes races, avec les particularités qu'elles présentent dans leur distribution actuelle, doivent être attribuées à des changements subséquents, présomption en faveur de laquelle on ne peut fournir aucune preuve, et qui oblige tout de suite à admettre que la diversité entre les animaux n'est point originelle, et que leur distribution n'a pas été fixée dans un plan général, établi dès le commencement de la création ; ou bien il faut reconnaître que la diversité des animaux est un fait déterminé par la volonté du Créateur, et que leur distribution géographique est une partie du plan général qui embrasse tous les êtres organisés dans une grande conception organique : d'où il suit que ce que nous appelons les races humaines sont des formes distinctes primordiales du type humain. »

La critique trouverait beaucoup à redire aux raisonnements sur lesquels sont appuyées ces conclusions, notamment à la définition que M. Agassiz est obligé d'admettre pour ce qu'on appelle en histoire naturelle l'*espèce*, définition que peu de zoologistes seront tentés d'accepter. Il faut se borner ici à faire une seule remarque. La question de la diversité des races humaines se rattache, en Amérique, aux plus redoutables questions politiques : les partisans de l'esclavage s'emparent avec empressement des arguments que leur fournissent les savants, dont le public accepte volontiers les arrêts, parce qu'il les croit désintéressés et inspirés par le seul amour de la vérité. Sans doute, les différences anatomiques qu'on signale entre les races ne peuvent légitimer l'oppression des unes par les autres, puisque nous ne voyons nulle part qu'elles aient

pour conséquence l'abolition du sentiment de l'indépendance personnelle et des passions dont la servitude arrête ou dénature l'essor; mais l'intérêt tire les conséquences les plus forcées d'un principe, et dans une aussi grave question il est presque obligatoire de protester contre toute fausse application. Si M. de Humboldt pouvait récemment écrire que parmi les pages de ses nombreux ouvrages, c'est à celles où il exprime sa réprobation contre l'esclavage qu'il attache le plus de prix, M. Agassiz ne trouvera rien dans ses écrits qui lui permette un semblable témoignage. Il a au contraire consenti à prêter sa collaboration à une œuvre qui, débarrassée de son appareil scientifique, n'est en définitive qu'un long pamphlet destiné à défendre l'esclavage; il a fourni une pièce justificative à un livre qui sert une cause détestable. Ses ennemis, s'il en avait, pourraient l'accuser d'avoir montré trop de complaisance pour les préjugés du pays qui l'a adopté, et le comparer à ceux de ses compatriotes qui quittent l'air libre des montagnes natales pour aller mettre leur épée au service de quelque tyrannie étrangère. L'auteur des recherches sur les glaciers et les poissons fossiles a heureusement trop de titres à la popularité et à la reconnaissance même de l'Amérique pour qu'il lui soit nécessaire d'en rechercher de semblables: il est venu apporter à la nation qui grandit de l'autre côté de l'Atlantique un bien plus précieux que tout ce qu'elle peut lui donner en échange, un talent mûr et élevé, une activité capable d'accélérer et de diriger le mouvement scientifique qui commence à naître aux États-Unis. Le professeur de Cambridge a conservé toute l'ardeur de l'ancien professeur de Neuchâtel: il a déjà parcouru en tout sens le vaste et nouveau théâtre qui lui fournit chaque jour l'occasion de multiplier ses observations; il a visité les bords du lac Supérieur, les prairies de l'ouest, les récifs de la Floride, étudié la faune du continent entier. Il a commencé la publication d'un vaste ouvrage, qui doit

comprendre la description de toute la faune des États-Unis. Ainsi se continue dignement une des carrières scientifiques les mieux remplies déjà qu'on puisse citer dans les deux mondes.

Dans l'ensemble d'études si considérables dont nous avons voulu indiquer ici les résultats principaux, il a été aisé de reconnaître l'action vigoureuse d'un esprit observateur, armé d'une puissante faculté d'analyse, en même temps que porté vers les théories générales et les systèmes. Le caractère le plus saillant peut-être des travaux de M. Agassiz est une tendance persistante à rapprocher des sciences qui habituellement demeurent séparées. C'est ainsi qu'il a fait servir l'étude physique des glaciers et des phénomènes mécaniques dont ils sont les agents aux questions purement géologiques qui se rattachent à l'origine du terrain erratique; mais c'est surtout dans le domaine des sciences qui ont pour objet l'étude des êtres organisés qu'il a opéré les rapprochements les plus heureux, en fécondant les découvertes paléontologiques par celles de la zoologie ordinaire. Ses premières observations sur nos poissons d'eau douce lui vinrent en aide quand il entreprit d'écrire *l'Histoire des poissons fossiles*; ses travaux sur les échinodermes et les mollusques lui servirent de guide dans le dédale des faunes anciennes; en observant les métamorphoses des animaux inférieurs, il pénétra les étranges mystères de la vie, surprise en quelque sorte à ses premiers débuts. C'est par ces grands travaux qu'il s'est préparé à remanier, suivant des principes nouveaux, les méthodes de la classification et à remuer les problèmes les plus élevés de la philosophie naturelle. Il y a sans doute des points hasardés dans les conceptions de M. Agassiz, mais il est incontestable qu'elles sont appelées à exercer une heureuse influence sur la science moderne. En découvrant la coïncidence entre le développement embryonique des êtres et la gradation qui s'est opérée d'âge en âge dans les formes organiques, M. Agassiz a déjà éclairé d'une

lumière inattendue l'histoire de la création, et trouvé, pour ainsi dire, la clef de cette langue dont les restes fossiles sont les caractères mystérieux. En appliquant aujourd'hui à la classification naturelle les considérations tirées de l'embryogénie, il fournit à l'anatomie comparée un auxiliaire précieux, et ouvre une voie nouvelle aux investigations des naturalistes.





**NOUVELLE THÉORIE**  
**D'HISTOIRE NATURELLE.**



# NOUVELLE THÉORIE

# D'HISTOIRE NATURELLE.

---

## L'ORIGINE DES ESPÈCES.

---

Les êtres si nombreux qui jouent un rôle, important ou modeste, sur le théâtre animé de notre planète, présentent des rapports en même temps que des contrastes infinis : ils habitent l'air, l'eau, la terre ferme, diffèrent par la grandeur, la couleur, les détails de l'organisation, le nombre et la délicatesse des sens, la durée de l'existence; ils sont mobiles ou fixes, forts ou faibles, indépendants ou parasites. On peut s'étonner à bon droit qu'avec le petit nombre d'éléments simples qu'elle met en œuvre, la nature puisse donner naissance à tant de formes et faire circuler le principe de la vie dans des organismes si variés. Le naturaliste qui veut connaître tous ces types si divers les range suivant un ordre hiérarchique; il les classe et les décrit successivement. Ainsi Homère, quand il fait défiler devant nous l'armée grecque, raconte l'histoire de tous les chefs. Les classifications sont indispensables pour l'étude; les catégories qui s'y échelonnent sont l'expression à la fois des ressemblances et des dissemblances, des affinités et des répulsions naturelles. Sans ce laborieux travail d'analyse, le tableau du monde ne serait guère plus instructif qu'une de ces charmantes toiles où Breughel nous représente la multi-

tude confuse des animaux qui faisaient cortège à nos premiers parents dans le paradis terrestre : gazelles et tigres, brebis et lions errent ensemble sur les beaux gazons de l'Éden; la trompe de l'éléphant se balance à côté du maigre cou de la girafe, parmi de grands arbres couverts de fleurs fantastiques.

La classification est le fil qui nous guide dans le dédale de la nature; mais il faut bien se garder de croire qu'elle ait une valeur propre, ou, pour employer un langage philosophique, objective. Nos divisions ne sont que des formes que l'esprit façonne à son gré pour y déposer les lambeaux de vérité qu'il est capable de saisir. Nous procédons comme le peintre, qui, en commençant un tableau, trace d'abord des contours sur la toile, bien que dans ce qu'il veut représenter il n'y ait pas de ligne sans épaisseur, mais seulement des corps étendus, de forme et de couleur variables; l'œuvre de l'artiste achevée, le contour géométrique a disparu. Nos classes, nos familles, nos genres, sont en quelque sorte les contours qui nous permettent de garder dans notre mémoire la trace d'innombrables observations. Chercher, comme on le fait, la variété dans l'unité, l'unité dans la variété, n'est qu'une façon d'interpréter la nature, et l'on conçoit sans peine qu'une pareille interprétation donne matière à de perpétuels commentaires. Les érudits qui cherchent la clef d'une langue inconnue ne sont pas plus divisés entre eux que ceux qui ambitionnent de lire dans le livre mystérieux de la vie, d'en comprendre le caractère et le sens caché.

Y a-t-il dans l'histoire naturelle, comme dans les autres sciences, quelque chose de fixe, une base sur laquelle puisse s'appuyer l'édifice, un élément qui serve tantôt à composer, tantôt à décomposer l'ensemble? Dans l'arithmétique, cette unité fondamentale est le nombre; dans la chimie, c'est l'atome; dans la mécanique, la force. L'unité admise par la plupart des naturalistes est l'es-

*pèce* ; mais ce point essentiel de la doctrine n'est pas à l'abri de la critique : la définition, les caractères de l'espèce, ont été l'objet de fréquentes et d'ardentes contestations. Tandis que les uns l'envisagent, avec Buffon, comme une forme immuable, fixe, la regardent comme un produit direct et achevé de la puissance créatrice, d'autres ne veulent y voir qu'une simple catégorie, purement subjective, comme toutes celles qui encombrant nos classifications : pour ces derniers, il n'y a de réalité que dans l'individu. Un exemple bien saisissant fera comprendre combien l'on est encore loin de s'accorder sur ce qu'il faut entendre par l'espèce : il suffit de rappeler les interminables débats auxquels a donné lieu l'espèce humaine elle-même. Faut-il rapporter l'immense collection des êtres que nous honorons du nom d'hommes à une seule ou à plusieurs espèces ? Descendent-ils d'une souche unique ou de souches diverses ? L'anthropologie, l'ethnographie, la phrénologie, la philologie, la critique religieuse elle-même, ont abordé tour à tour ce problème si important de nos origines ; étonnerai-je quelqu'un en disant que leurs réponses contradictoires nous laissent encore indécis et sceptiques ? Il faut bien l'avouer, nous ne nous connaissons pas encore nous-mêmes : si nous nous tournons vers le passé, nous pouvons à peine remonter le courant de quelques siècles ; l'homme primitif nous échappe : quelques grossiers débris de silex, des traditions bizarres et confuses, voilà tout ce qui nous en reste. Suivant le caprice de l'imagination, nous pouvons nous figurer l'enfance de nos races sous les couleurs les plus poétiques ou les plus affreuses, l'embellir de tout ce que la spontanéité, la virginité de l'âme ont de plus gracieux, ou l'humilier sous le déplaisant souvenir des sacrifices faits aux instincts les plus bas, et des luttes sans gloire soutenues contre l'inclémence de toutes les forces naturelles. Si au contraire nous regardons vers l'avenir, y a-t-il rien qui nous autorise à espérer que notre espèce

puisse jamais se modifier, réaliser un idéal de beauté, d'intelligence et de force plus élevé? ou devons-nous croire que la brutalité, la laideur et la bassesse soient à jamais le lot de la grande majorité, que les hommes doivent sans cesse tout perfectionner autour d'eux, sauf eux-mêmes?

Suivant que nous fixons notre croyance à la théorie longtemps victorieuse de l'immutabilité des espèces ou à celle de la transformation progressive et graduée des formes organiques, nous voyons s'ouvrir devant nos yeux des perspectives différentes et tout opposées. Dans le premier cas, le divorce éclatant entre la grandeur de nos désirs, la hardiesse, la hauteur de nos pensées et l'exiguïté de nos moyens, entre ce que Pascal nommait si énergiquement l'ange et la bête, nous apparaît comme une contradiction permanente et nécessaire dont les termes ne peuvent varier; dans le second, ce n'est plus qu'une des phases transitoires du mouvement qui emporte toute chose créée vers l'éternel beau et l'éternel bien.

On voit quelle importance s'attache à des questions qui constituent, pour ainsi parler, la philosophie de l'histoire naturelle: méconnaître cette importance serait faire preuve d'une véritable petitesse d'esprit. Je sais bien que l'homme, qui s'intitule volontiers le roi de la nature, n'aime guère qu'on lui rappelle par quels liens directs il tient à cette nature qu'il régit. Il est pourtant comme tous les autres animaux soumis à ces lois mystérieuses et fatales qui règlent la propagation de l'espèce, la transmission des ressemblances, des anomalies, des principes morbides, l'extension ou le dépérissement des races. Notre orgueil est chaque jour humilié par les dépendances nombreuses dont nous sentons directement les effets. Et combien d'autres dépendances cachées pèsent sur nous, comme ces chaînes auxquelles l'esclave s'est si bien accoutumé, qu'il oublie qu'il les traîne après lui! Sachons

pourtant ne pas craindre la vérité, osons étudier l'homme en naturalistes aussi bien qu'en érudits et en philosophes; remontons à son passé le plus lointain; cherchons-le dans ces vieux monuments où nous le voyons lutter corps à corps avec les animaux les plus farouches; ramassons dans le limon déposé il y a plusieurs siècles les grossiers instruments qui ont servi à ses premières luttes; étudions les actions par lesquelles les espèces animales se subdivisent en variétés, et recueillons ainsi précieusement toutes les analogies qui peuvent nous éclairer sur l'origine des races humaines. C'est à ce dernier sujet que M. Charles Darwin vient de consacrer un livre qui a du premier coup excité la plus vive curiosité, soulevé de violentes critiques et de vives admirations. La réputation de M. Darwin comme naturaliste est déjà ancienne; il fit autrefois le tour du monde sur le *Beagle*, et à son retour publia des souvenirs de voyage pleins de charme, des ouvrages relatifs à divers phénomènes naturels, notamment à la formation des îles de corail dans l'océan Pacifique. Toutefois le livre consacré à « l'origine des espèces » a une portée bien supérieure à ces anciens travaux; c'est le résultat de longues années d'étude et de patiente observation, l'exposé d'une théorie zoologique originale qui embrasse tout l'ensemble des phénomènes du monde organique, et qui est digne du plus sérieux examen.

## I.

En se plaçant au point de vue le plus vraiment philosophique, on ne doit considérer le règne animal que comme une réunion d'individus; mais, pour les besoins de la science, on attribue depuis longtemps le nom d'*espèce* à la collection des individus semblables, produits par d'autres individus semblables. Ces ressemblances sont-elles absolues? Non, sans doute. Il y a longtemps

qu'on l'a dit : il n'y a pas deux feuilles identiques dans une forêt; de même on peut affirmer qu'il n'y a jamais une similitude parfaite entre deux hommes, deux chevaux, deux chiens. Parmi les caractères qui distinguent les membres d'une même espèce, il faut pourtant faire deux parts : les uns sont purement accidentels et personnels, les autres sont transmissibles et permanents. Une taille plus ou moins haute, des tons variables dans la couleur des cheveux, des yeux, toutes ces particularités qu'on aperçoit du premier coup d'œil dans un salon ou dans une foule sont d'un tout autre ordre que les différences bien plus profondes qui distinguent l'Européen du nègre, du Chinois, de l'Indien des prairies. Le massif bouledogue, le chien des Pyrénées sont, tout comme le carlin et le *king-charle's*, rangés par les naturalistes dans l'espèce chien; mais les caractères qui les séparent, bien que n'étant pas spécifiques, sont assez prononcés, assez permanents, pour qu'on soit obligé de subdiviser l'espèce en ce que l'on nomme des *variétés*, analogues à nos *races* humaines. L'homme, chacun le sait, a créé lui-même une foule de variétés: il a modifié, il modifie encore à l'infini les fleurs, les arbres fruitiers; il a fait des bœufs sans cornes, des porcs aux proportions monstrueuses; il alourdit à son gré le cheval pour le trait ou l'allonge pour la course. « Lord Somerville, nous raconte M. Darwin en parlant des résultats obtenus par les éleveurs de moutons, disait avec raison : Il semblerait qu'ils aient dessiné sur un mur à la craie une forme parfaite, puis qu'ils aient donné l'existence à cette image. » Un très-habile éleveur, sir John Sebright, avait coutume de dire, au sujet des pigeons, qu'il pouvait en trois années obtenir tel plumage qu'il désirait, mais qu'il lui en fallait six pour la tête et le bec.

Si les espèces, suivant l'expression hardie de Buffon, étaient « les seuls êtres de la nature, » les caractères qui ne sont pas

spécifiques, qui ne font point partie, en quelque sorte, du type fondamental, ne devraient jamais se perpétuer. Bien des exemples prouvent pourtant qu'ils se transmettent. Qui n'a entendu parler du nez des Bourbons, de la lèvre autrichienne? Un médecin célèbre de Paris a les deux petits doigts des mains entièrement courbés, et cette singularité remonte à plusieurs générations. Je connais deux familles dont tous les membres offrent une disposition des dents très-particulière : dans l'une, les deux incisives principales sont séparées par un intervalle d'une grandeur tout à fait inusitée; dans l'autre, les racines des molaires sont tellement recourbées en forme de crochet, que l'extraction en est presque impossible. Le docteur Prosper Lucas a rempli deux volumes, singulièrement curieux, d'exemples de ce genre (1). C'est en discernant avec habileté les caractères susceptibles d'une transmission régulière que les éleveurs parviennent à modifier et à créer artificiellement des races, car, en réglant avec soin la succession des générations, on avance pas à pas vers le but que l'on veut atteindre. Le résultat définitif renferme la somme totale de tous les progrès partiellement accomplis. Ce procédé se nomme la *sélection*. En Saxe, l'importance de ce principe est si bien comprise pour les moutons mérinos, que la sélection y est devenue un métier : on met les moutons sur une table, et on les étudie comme un connaisseur examine un tableau : cela se renouvelle tous les mois, et chaque fois les moutons sont marqués et classés; les meilleurs seulement sont définitivement choisis comme reproducteurs. « C'est en partie, dit M. Milne Edwards dans son *Traité de Zoologie*, à des soins de cette nature que les chevaux arabes

---

(1) *Traité de l'Hérédité naturelle dans les états de santé et de maladie du système nerveux*, par le docteur Prosper Lucas, 2 vol. in-8°, Paris, 1847-1850.

doivent leur réputation si bien méritée. Les Arabes attachent une telle importance à la pureté de leurs chevaux nobles, appelés *kochlané*, que la filiation en est toujours constatée par des actes authentiques. Ils font remonter à près de deux mille ans la généalogie connue de plusieurs de ces beaux animaux, et il en est dont la lignée peut être démontrée par des preuves écrites pendant une série de quatre siècles. »

Les *variétés* ou *races* ont en histoire naturelle une importance qui ne peut plus échapper aux zoologistes: on n'en est plus au temps où l'on admettait que l'embryon est l'animal en miniature, doctrine qui peut se résumer dans le proverbe populaire : « le chêne est contenu dans le gland. » Nous ne croyons plus avec Swammerdam et Malebranche, que le premier embryon créé pour chaque espèce contenait nécessairement en lui-même des germes de tous les individus destinés à perpétuer l'espèce pendant la série indéfinie des siècles. Cette fameuse théorie de la préexistence des germes n'a pas résisté à l'observation : Wolf, Blumenbach, von Baer, l'ont remplacée par la doctrine de l'épigenèse. Nous savons parfaitement aujourd'hui que l'embryon n'est pas la miniature fidèle de l'adulte, que la spécification des caractères ne s'y opère que par degrés, et que les organes se forment successivement aux dépens en quelque sorte les uns des autres. Les notions anciennement répandues sur la nature de l'espèce ne peuvent s'accorder avec ces découvertes : la fausseté en est encore plus évidente quand on remarque que certains caractères, pour n'être pas spécifiques, se transmettent pourtant régulièrement, et ne peuvent être par conséquent envisagés comme des déviations purement accidentelles d'un type idéal et théorique.

Certaines variétés ont si bien détrôné les types primitifs, que nous ne pouvons plus, malgré tous les efforts, réussir à retrouver ces derniers : en vain cherche-t-on quelques-unes de nos plantes à

l'état sauvage; nous ne pouvons, dans beaucoup de cas, affirmer si certaines races proviennent d'une seule ou de plusieurs espèces. Qui pourra nous dire si tous nos chevaux descendent d'un seul cheval sauvage, tous nos moutons d'un seul mouton? Quelques auteurs ont poussé jusqu'à l'absurde la doctrine qui fait remonter les races à des types aborigènes distincts. « Ils croient, dit M. Darwin, que toute race capable de se propager en conservant ses caractères propres, si insignifiants que ceux-ci soient d'ailleurs, a eu un prototype sauvage. A ce compte, il a dû y avoir autrefois bien des espèces de bœufs, de moutons, de chiens sauvages dans l'Europe entière et même dans la Grande-Bretagne. » C'est là une exagération ridicule; pour s'en convaincre, il suffit d'examiner la liste de mammifères européens qui ne sont pas à l'état domestique; l'Angleterre ne peut en revendiquer qu'un en propre, la France en a peu qui diffèrent de ceux de l'Allemagne; la Hongrie, l'Espagne, l'Italie, ne sont guère plus riches.

Il y a peu d'espèces domestiques qui offrent autant de races, et des races aussi dissemblables, que le chien. Les termes extrêmes sont assez différents pour que M. Darwin lui-même admette qu'il a dû y avoir plusieurs types primitifs; mais ne faut-il pas penser avec lui qu'un très-grand nombre de variétés sont simplement dues à l'hérédité de certains caractères de mieux en mieux dessinés parmi les descendants d'une même lignée? « Qui pourra croire, dit-il avec infiniment de raison, que des animaux très-semblables au lévrier d'Italie, au bouledogue, à l'épagneul de Blenheim, animaux si différents des canides sauvages, aient jamais existé à l'état de liberté dans la nature? On a souvent dit, un peu légèrement, que toutes nos races de chiens ont été produites par le croisement d'un petit nombre d'espèces aborigènes; mais nous ne pouvons par le croisement obtenir que des formes intermédiaires en quelque façon entre celles mêmes des parents.

Si donc nous nous rendons compte de nos races domestiques par ce moyen, il faut admettre l'existence préalable, à l'état sauvage, des formes les plus exagérées, telles que celles du lévrier d'Italie, du bouledogue, etc. Au reste, la possibilité de créer des races bien distinctes par le croisement a été singulièrement exagérée. Il n'y a pas de doute qu'une race puisse à l'occasion recevoir quelque modification par des croisements; mais il faut opérer soigneusement la sélection des métis qui présentent les caractères que l'on recherche. » Le croisement sans la sélection ne fournit que des produits hétérogènes, sans aucune fixité; la sélection seule donne aux types organiques l'uniformité et la permanence; application la plus intelligente du grand principe de l'hérédité naturelle, elle a pour effet de subdiviser les espèces en variétés de plus en plus nombreuses et de mieux en mieux définies. Les différences qui servent à classer les races peuvent-elles, à la longue, devenir assez profondes pour qu'il soit impossible d'en distinguer les caractères de ceux qu'on nomme, à proprement parler, spécifiques? Si l'on répond à cette question par l'affirmative, la ligne qui sépare la simple variété de l'espèce n'est plus infranchissable: c'est une barrière qui s'élève et s'abaisse au gré de mille circonstances extérieures, mais peut finir par s'effacer. Peu de zoologistes sont disposés à sanctionner une semblable induction. Habités aux lignes régulières et sagement dessinées de la classification ordinaire, ils ne veulent pas s'aventurer sur le sable mouvant d'une théorie qui fait sortir les espèces les unes des autres par une sorte d'évolution perpétuelle.

La plasticité des formes organiques a, dit-on souvent, des limites infranchissables. L'œuvre de la sélection rencontre, dans quelque sens qu'elle s'opère, un terme fatal. Les moyens artificiels employés pour créer des races nouvelles n'ont jamais abouti à de véritables espèces, puisque les individus appartenant aux va-

riétés obtenues par ces moyens ont toujours pu être croisés, et donnent naissance à des produits féconds. Le croisement des espèces proprement dites amène au contraire la stérilité. En condamnant les hybrides à l'impossibilité de se propager, la nature semble avoir voulu empêcher la confusion des formes auxquelles elle a communiqué l'existence. Je ne cherche pas, on le voit, à amoindrir l'objection des partisans de l'école de Buffon et de Cuvier; mais examinons si le phénomène de la reproduction trace en réalité une ligne de séparation aussi tranchée entre les espèces et les races. Cette question des hybrides est assurément une de celles qui, en histoire naturelle, demeurent entourées de plus d'obscurité; le jour commence à peine à y pénétrer, surtout dans le règne végétal, grâce aux beaux travaux botaniques de deux naturalistes allemands, Gärtner et Kolreuter. Sans réussir à expliquer les mystères de la propagation, ces savants ont du moins enrichi la science de faits extrêmement curieux; ils ont ébranlé les idées absolues qui ont eu longtemps cours sur le sujet difficile dont ils ont abordé l'investigation. Les expériences de Gärtner sont d'autant plus précieuses, qu'elles avaient été entreprises dans l'intention spéciale de démontrer la stérilité des hybrides provenant du croisement de deux espèces distinctes, et la fécondité des métis qui résultent du croisement des simples sous-espèces ou variétés. Ces expériences font voir que, si l'on préserve des plantes hybrides du pollen des plantes qu'on a mariées, les hybrides manifestent une disposition à la stérilité qui augmente de génération en génération. La germination s'est quelquefois arrêtée très-rapidement; mais avec certains végétaux M. Gärtner l'a vue se renouveler jusqu'à huit fois. Observons d'ailleurs, comme le fait à bon droit M. Darwin, que des plantes soumises à des expériences et complètement isolées sont dans des conditions anormales très-défavorables au point de vue de la reproduction. La fécondité des

plantes ordinaires a besoin, pour être surexcitée, du libre et continu mouvement des germes, et la disposition à la sociabilité est si marquée dans le règne végétal, que la plupart des plantes hermaphrodites elles-mêmes sont plutôt fécondées par leurs voisines que par leur propre substance.

Les horticulteurs savent qu'il y a beaucoup de plantes hybrides fécondes. « On a pu de façons bien diverses croiser les nombreuses espèces de pelargonium, de fuchsia, de calceolaria, de petunia, de rhododendron, et beaucoup de ces hybrides donnent de la graine. Si les hybrides, bien entretenus, diminuaient de fertilité à chaque génération, comme le croit Gärtner, les jardiniers ne pourraient ignorer ce fait. » Dans le règne animal, la stérilité des hybrides paraît infiniment plus marquée que dans le règne végétal. M. Darwin déclare hautement qu'il ne connaît pas un seul exemple parfaitement authentique d'hybride animal fécond. Il ajoute que le phénomène de la génération est bien plus facilement gêné chez les animaux que chez les plantes. On sait très-bien que la captivité suffit pour y mettre obstacle dans beaucoup d'espèces. Les anomalies, soit intérieures, soit organiques, affectent avant toute autre chose ce je ne sais quoi de profond et de mystérieux d'où dépend la transmission régulière du principe vital. Et quelle plus grande anomalie peut-on imaginer qu'une double organisation, empruntée à deux êtres différents, pareille à ces vêtements bizarres qu'on portait au moyen âge, coupés en deux moitiés de couleur différente?

Toutes les espèces ne se croisent pas avec la même facilité : on serait assez naturellement tenté de croire que la disposition au croisement est d'autant plus grande que les affinités organiques sont mieux marquées; il n'en est pourtant pas toujours ainsi. M. Gärtner s'est assuré que des espèces végétales très-voisines ne se marient pas entre elles, tandis qu'il a obtenu la fécondation

mutuelle de plantes qui, par les fleurs, les caractères extérieurs, la longévité, les stations géographiques naturelles, sont essentiellement dissemblables. La fertilité dépend d'ailleurs du sens même du croisement : l'étalon peut être croisé avec l'ânesse, comme l'âne avec la jument ; mais la fécondation est souvent beaucoup plus facile d'une manière que de l'autre. Kolreuter, par exemple, dit que la *mirabilis jalappa* est aisément fécondée par le pollen de la *mirabilis longiflora*, et que les hybrides ainsi obtenus sont encore assez fertiles, tandis que pendant huit ans il essaya en vain, à plus de deux cents reprises, de fertiliser la seconde espèce par le pollen de la première. Quand le croisement réciproque peut être accompli, il y a pourtant toujours quelque différence dans la fécondité des hybrides obtenus par l'un ou l'autre moyen. M. Darwin se demande s'il faut conclure de ces lois complexes et singulières que l'infertilité des mariages entre espèces est destinée uniquement à empêcher celles-ci de se confondre dans la nature ; il ne le pense pas. « Pourquoi, remarque-t-il, la stérilité varierait-elle entre des limites aussi éloignées, quand différentes espèces sont croisées ? Pourquoi le degré de stérilité serait-il inné et variable dans les divers individus appartenant à une même espèce ? Pourquoi certaines espèces se marieraient-elles facilement, tout en ayant des hybrides très-stériles, et d'autres avec une très-grande difficulté, tout en donnant des hybrides suffisamment féconds ? Pourquoi y aurait-il souvent une différence si notable entre les résultats des croisements réciproques entre deux espèces ? pourquoi, peut-on même demander, la production des hybrides a-t-elle été autorisée ? Permettre que l'espèce puisse engendrer des hybrides, puis en arrêter la propagation ultérieure par des degrés variables de stérilité, qui ne sont pas exactement en rapport avec la facilité de la première union entre les parents, constitue, ce nous semble, un bien étrange arrangement. »

La fécondité des *métis* qui proviennent du mariage, non plus d'espèces différentes, mais de simples variétés de la même espèce, est soumise à des irrégularités tout aussi extraordinaires que celle des hybrides proprement dits. Le nombre de ces anomalies serait sans doute beaucoup plus frappant si les botanistes ne s'empresaient de ranger dans des espèces différentes deux plantes, considérées d'abord comme de simples variétés, aussitôt qu'ils ont constaté qu'elles se stérilisent mutuellement. On tourne ainsi dans un véritable cercle vicieux; mais voici pourtant quelques observations placées à l'abri de toute critique. On a constaté que dans une même espèce certaines variétés se marient plus volontiers que d'autres avec des plantes étrangères et donnent plus facilement des hybrides. Ainsi le chien aux oreilles et au museau pointus qu'on nomme en Allemagne *spitz* s'unit plus volontiers au renard que tous les autres chiens. Il y a dans l'Amérique du Sud des races de chiens qui ne s'accouplent pas avec des chiens d'Europe. Gärtner a observé que des variétés particulières de maïs se fécondent très-difficilement entre elles, bien qu'elles se distinguent à peine par les caractères externes; il a vu aussi les deux variétés blanche et jaune d'une même espèce de *verbascum* donner par le croisement beaucoup moins de graine que lorsque chacune d'elles était fertilisée par son pollen particulier. Suivant Kolreuter, il y a un tabac qui se marie plus aisément à d'autres plantes que tous les autres.

Que devons-nous conclure de tous ces faits? C'est que la fécondité et la stérilité variables des hybrides et des métis tiennent à une multitude de circonstances encore obscures, dont l'étude réclame le zèle des plus patients et des plus habiles observateurs. On peut même, sans trop s'aventurer, affirmer que la connaissance en restera toujours incomplète, parce qu'il n'est aucun phénomène qui échappe aussi bien à l'analyse que la génération. La nature l'a couvert de ses voiles les plus épais; c'est l'éternel secret du

grand Pan, que tout œil, toute bouche, que la pensée même doit respecter. La stérilité des êtres qui, comme les hybrides et les métis, sortent de la règle commune, est déterminée sans doute par des différences, peut-être très-légères, qui affectent surtout les organes et le système même de la reproduction. Sauf en ce qui concerne la facilité de la propagation, on ne peut observer aucune distinction bien essentielle entre les hybrides et les métis. Quand on croise deux espèces, il y en a toujours une qui lègue la ressemblance la plus frappante à l'hybride et laisse en quelque sorte l'empreinte la plus forte; la même chose a lieu pour deux variétés et les métis qu'elles engendrent. Les hybrides dus à un croisement réciproque sont généralement ressemblants; on peut en dire autant des métis dans le même cas. Les uns et les autres peuvent enfin, par des croisements bien opérés, être ramenés par degrés à l'une quelconque des deux formes originaires. Il faut donc admettre, pour tirer de ces faits une conséquence générale, que les lois en vertu desquelles se règle la ressemblance des parents et des descendants sont toujours les mêmes, qu'elles ne dépendent en rien de l'affinité plus ou moins grande des parents, ni de leur place particulière dans la classification systématique.

Dès lors il n'est guère possible, en se plaçant à un point de vue vraiment philosophique, d'établir une distinction fondamentale entre les espèces animales et les variétés. Ce cours d'eau n'est pas très-large, vous le nommez torrent; il grossit en descendant la plaine, vous l'appellez rivière. Dites-moi, je vous prie, à quel point précis le torrent finit et la rivière commence. La stérilité relative des hybrides s'explique suffisamment par les anomalies de leur organisation exceptionnelle; mais qui nous assure qu'il n'a pu souvent se présenter des cas où, en s'unissant entre eux, les hybrides ont donné naissance à des êtres plus féconds qu'eux-

mêmes, précisément parce qu'à chaque génération les différences organiques entre les parents allaient en s'atténuant? La fertilité, au lieu de décroître, a pu quelquefois augmenter si rien dans les circonstances extérieures n'y mettait obstacle. Si, comme beaucoup de naturalistes sont enclins à le penser, toutes nos races de chiens sont dues au croisement de quelques espèces primitives, il faut admettre forcément qu'il y a eu à un certain moment des hybrides féconds. M. Darwin suppose, peut-être avec raison, que cette fécondité a été favorisée par la domesticité, qui, en soumettant les animaux à la vie commune, à un régime uniforme, opère entre eux des rapprochements nouveaux, et fait en quelque sorte passer les organismes les plus variés sous un même niveau.

Dès qu'il est admis qu'il n'y a aucune différence essentielle entre les espèces et les simples variétés zoologiques, on comprend aisément qu'une race particulière aura droit au titre d'espèce aussitôt qu'elle aura atteint un très-notable développement et qu'elle possédera des caractères suffisamment originaux. Le principe de l'hérédité naturelle, en même temps qu'il conserve les espèces, tend à les morceler; il subdivise en groupes destinés à devenir des espèces à leur tour. On comprend pourtant que ce résultat ne pourrait être atteint, s'il ne s'opérait fatalement dans l'ordre de la nature quelque chose d'analogue à la sélection, qui a permis à l'homme de créer tant de races parmi les animaux soumis à son empire. Les particularités organiques prennent naissance avec l'individu; si les individus doués de caractères distincts étaient confondus dans une continuelle promiscuité, les variétés ne pourraient pas mieux se particulariser qu'un tableau ne pourrait naître du mélange fortuit de toutes les couleurs. Il faut que les variétés, à mesure qu'elles se prononcent plus franchement, s'isolent davantage pour atteindre, après une longue série de générations, le rang hiérarchique des espèces.

Pour bien comprendre l'histoire de la nature, il faut y voir le jeu éternel d'une double action ; tandis que le principe conservateur de l'hérédité préside à la transmission régulière des caractères, la *sélection naturelle*, principe de mouvement et de progrès, les localise, les classe, met certaines formes au rebut, en admet de nouvelles. Cette conception neuve est due à M. Darwin ; on en sent du premier coup la grandeur et l'originalité. Mais comment, dira-t-on, agit cette prétendue sélection ? quels moyens emploie-t-elle ? quelle puissance, remplaçant dans le monde animé la main de l'homme, a si souvent renouvelé la face de la terre ? C'est la souveraineté puissance de la mort. Corrigeant pour ainsi dire la vie, elle arrête les écarts, les monstruosité ; elle jette les faibles en sacrifice aux forts, elle fait grâce à certaines races, elle condamne les autres. Chaque jour, chaque heure, chaque instant, replonge des milliers d'êtres dans cet abîme inerte de la matière inorganique, d'où la vie les avait pour un instant tirés. Quand il a été dit : « Croissez et multipliez, » il a été sous-entendu : « Multipliez, mais détruisez-vous les uns les autres. » Que deviendrait la terre, si la progression géométrique dont Malthus a fait tant de bruit pour l'espèce humaine s'appliquait à toutes les plantes et à tous les animaux ? Il ne resterait pas assez de place dans l'air, dans les mers, sur les continents, pour les innombrables descendants de la population primitive, et toutes les plaies d'Égypte affligeraient chaque pays. Rien de semblable n'est heureusement à craindre ; il ne suffit pas de naître, il faut encore pouvoir vivre. L'homme, ce fier souverain de la nature, est lui-même obligé de lutter perpétuellement pour obtenir sa subsistance ; il l'arrache péniblement à la terre, il la dispute aux animaux, il la tire de ceux qu'il peut asservir. Vivre ! n'est-ce pas le grand souci et presque le seul objet de l'immense majorité des hommes ? Nous mangeons les animaux, les animaux se mangent entre eux. La

baleine, chaque fois qu'elle ferme ses larges mâchoires, engloutit des milliers de mollusques, de crustacés et de zoophytes. « Nous voyons, dit M. Darwin, la nature brillante de beauté, et souvent nous y apercevons en abondance tout ce qui peut servir à nourrir les êtres; mais nous ne voyons pas ou nous oublions que les oiseaux qui chantent paresseusement autour de nous vivent principalement d'insectes ou de graines, et sont ainsi toujours occupés à détruire; nous oublions comment ces chanteurs, leurs œufs ou leurs nids sont détruits par des oiseaux ou des bêtes de proie; nous ne nous rappelons pas toujours que la nourriture que nous voyons aujourd'hui abondante ne l'est pas dans toutes les saisons. Quand on dit que les êtres luttent pour vivre, il faut entendre ce mot dans le sens le plus large et le plus métaphorique, y comprendre la dépendance mutuelle des êtres, et, ce qui est encore plus important, les difficultés qui s'opposent à la propagation. Dans un temps de famine, on peut dire que deux carnassiers sont en lutte pour obtenir de quoi soutenir leur existence; mais on peut dire aussi que la plante jetée au bord du désert lutte pour vivre contre la sécheresse. Un arbuste qui annuellement donne un millier de graines, sur lesquelles une seule en moyenne vient à maturité, lutte en réalité contre les plantes de la même espèce ou d'espèces différentes qui déjà couvrent le sol. »

Il est souvent très-difficile de discerner les causes qui, en certains lieux, arrêtent le développement d'espèces particulières: quand elles ne trouvent point d'obstacles, on voit ces espèces se propager avec une merveilleuse rapidité. Les animaux domestiques importés en Australie et dans les grandes plaines de l'Amérique du Sud s'y sont multipliés dans une proportion presque incroyable. Peu d'années ont suffi à certaines plantes européennes acclimatées dans l'Inde anglaise pour se répandre depuis le cap Comorin jusqu'à l'Himalaya. Cependant les espèces ne sont ni toutes, ni toujours

aussi favorisées : il s'établit dans chaque province géographique une façon d'équilibre entre tous les membres de la faune et de la flore ; cet équilibre est dérangé par des accidents climatériques, des épidémies, des émigrations ou des immigrations, mais il tend sans cesse à se rétablir. Des rapports plus intimes, plus resserrés que les mailles du tissu le plus fin, relieut entre elles toutes les parties de la création. Cette dépendance met chaque être à la merci non-seulement des circonstances physiques qui l'enveloppent, mais des événements qu'entraîne la compétition perpétuelle de tout ce qui est vivant. La nature prononce son *væ victis* avec une inflexible sérénité : heureuses les races douées de quelque caractère qui puisse leur devenir un avantage ! Toutes les autres seront obligées de disparaître, souvent sans lutte ouverte ; déposées, trouvant toute place prise, toute subsistance enlevée, elles finiront nécessairement par s'éteindre.

On voit ce que M. Darwin entend par la *sélection naturelle*. De même que la domesticité a opéré tant de variations organiques utiles à l'homme, d'autres variations utiles à des êtres divers pour la grande et complexe bataille de la vie ont pu quelquefois se produire naturellement dans le cours de plusieurs milliers de générations. « Comme l'homme peut produire et certainement a produit de grands résultats par une sélection soit méthodique, soit inconsciente, que ne peut faire la nature ! L'homme ne se préoccupe que de caractères externes et visibles ; la nature n'a pas souci des apparences, sauf en ce qu'elles peuvent entraîner d'utile. Elle agit sur tous les organes internes, sur toutes les nuances et les différences constitutionnelles, sur la machine entière de l'existence. L'homme ne fait de sélection que pour son propre bien, la nature que pour celui de l'être même sur lequel elle agit. Elle donne aux caractères qu'elle choisit un développement complet, et place les êtres dans les conditions vitales qui leur sont propices.

L'homme garde dans le même pays les produits de tous les climats; il exerce rarement la sélection des caractères de la façon la plus convenable: il donne à un pigeon au bec court et à un pigeon au bec long la même nourriture; il expose les moutons à longue laine et à courte laine aux mêmes intempéries. Il ne permet point aux mâles de lutter entre eux pour obtenir les femelles. Il ne détruit pas impitoyablement tous les animaux inférieurs, mais il protège tous ses biens dans toutes les saisons, autant qu'il est en son pouvoir. Il commence souvent la sélection par quelque forme à demi monstrueuse, ou du moins par une modification assez frappante pour attirer son regard, ou lui être d'une évidente utilité. Dans la nature, la plus légère différence de structure ou de constitution peut faire pencher la balance en faveur d'une variété. Combien sont instables les vœux et les efforts de l'homme! de quel court temps il dispose! et conséquemment combien son œuvre sera pauvre, comparée à celle où la nature a accumulé son travail pendant les longues périodes géologiques! Pouvons-nous donc nous étonner que les productions de la nature aient quelque chose de plus *vrai* que celles de l'homme, qu'elles soient infiniment mieux adaptées aux conditions complexes de l'existence, et qu'elles portent clairement la marque d'un art bien supérieur? On peut dire que la sélection naturelle scrute chaque jour et chaque heure le monde, pour y reconnaître les variations les plus légères, rejetant ce qui est mauvais, conservant tout ce qui est bon pour s'enrichir, travaillant silencieusement et insensiblement, partout où s'offre une occasion favorable, à perfectionner les êtres et à les mettre mieux en harmonie avec les conditions organiques et inorganiques de l'existence. Ces changements graduels ne nous sont révélés que lorsque la main du temps a marqué un long laps d'années, et le tableau des âges géologiques écoulés arrive à nos yeux si effacé, qu'il nous ap-

prend seulement que la vie a revêtu jadis d'autres formes qu'aujourd'hui. »

L'idée originale de M. Darwin consiste, on le voit, à expliquer par la sélection naturelle toute l'histoire de la création : il reste à discuter les objections que soulève la théorie qui vient d'être exposée, ainsi qu'à en tirer toutes les conséquences relatives au problème de l'origine des races humaines et au rôle qui leur est attribué dans le monde organique.

## II.

M. Darwin, comme tous les naturalistes, a été frappé de la corrélation exacte qui s'établit dans le monde entre les êtres organisés et le monde inorganique. Toutes les circonstances extérieures, les variations du climat, de la température, les limites qui s'opposent aux envahissements ou aux grandes migrations des espèces, telles que la mer autour d'une île, les hautes chaînes de montagnes sur les continents, tout ce qui en un mot tend à circonscrire une province naturelle, tend également à imprimer des caractères originaux à la faune et à la flore qu'elle nourrit. Plus la station est isolée, plus ces caractères se spécifient avec netteté. C'est pour cela que les îles en général offrent un si curieux champ d'études aux naturalistes.

Les provinces géographiques une fois délimitées, les continents découpés par les mers en lignes à peu près invariables, les animaux et les végétaux adaptés à tout ce qui les entoure, on ne voit pas pourquoi le monde organique subirait de nouvelles métamorphoses, tant que le monde physique reste dans le repos. Si la surface de notre planète ne peut être modifiée que par les forces sans cesse agissantes autour de nous, la pluie, les vents, les éruptions volcaniques, les tremblements de terre, si ces forces ne peu-

vent entrer en jeu avec plus de violence et de furie que dans le temps présent, on a peine à comprendre comment l'équilibre de la création pourrait en être profondément troublé. M. Darwin est pourtant l'un des adeptes de cette école qui a pour chef aujourd'hui sir Charles Lyell, et qui se refuse à reconnaître dans l'histoire du monde des éléments perturbateurs différents de ceux qu'elle nomme les *causes actuelles*. M. Darwin ajouterait, ce nous semble, beaucoup de force à la théorie qu'il présente sur « l'origine des espèces, » s'il ne s'enfermait pas dans les étroites limites de l'école anglaise, et consentait à admettre qu'outre les changements imperceptibles qui effleurent seulement en quelque sorte le monde physique, de violentes révolutions ont de temps à autre altéré la physionomie de la surface terrestre. Pourquoi vouloir nier qu'au moment où nos grandes chaînes de montagnes ont été soulevées avec une violence dont nous retrouvons la trace dans l'àpreté des accidents qui les sillonnent, d'immenses volumes d'eau ont été lancés sur les continents voisins, les pièces de la mosaïque terrestre ont joué de toutes parts, des îles ont été ensevelies, comme l'Atlantide, au sein des mers, d'autres ont surgi à de nouvelles places? Des êtres nombreux ont survécu à ces cataclysmes, dont les effets les plus terribles ont été circonscrits sur une partie assez étroite du globe terrestre; mais combien d'entre eux, dépaysés, violemment arrachés aux conditions qui depuis tant de siècles présidaient au développement régulier et invariable des organismes, ont pu servir dans leurs nouvelles stations de point de départ à de nouvelles races! Une telle hypothèse n'a vraiment rien de trop hardi.

Il a été mis hors de doute que, contrairement aux assertions absolues de deux célèbres naturalistes, Alcide d'Orbigny et Agassiz, les êtres vivants n'ont été victimes d'une destruction simultanée à aucune époque de l'histoire de la terre; jamais la mort n'a dévasté la planète entière. En examinant la série des couches qui appar-

tiennent à deux terrains géologiques successifs, nous retrouvons toujours quelques espèces identiques dans les sédiments qui ont été déposés avant une grande révolution terrestre et dans ceux qui l'ont suivie : tous les feuillets de ce grand livre ont des lettres communes. Je ne me suis jamais arrêté devant *le Déluge* du Pousin, je n'ai jamais contemplé ce ciel noir, ces rochers à peine émergés, ces animaux qui luttent encore contre le flot qui monte, sans agrandir encore dans mon esprit le cadre de cette œuvre admirable. A côté de ces scènes d'horreur et de mort, je me figurais les terres sortant tout humides et ruisselantes du sein des eaux, prêtes à être fécondées, et je songeais, malgré moi, au mythe charmant de Vénus aphrodite s'élevant de l'Océan dans la crête écumante d'un flot. Je me rappelais les traditions étranges des Indiens de l'Amérique et de tant d'autres peuplades sauvages, la fuite dans les cavernes des hautes montagnes pendant que la mer s'élevait, les nombreux déluges dont font mention les livres saints des Hindous, toujours suivis d'une incarnation nouvelle de la Divinité, symbole des formes sous lesquelles la vie étalait ses splendeurs renaissantes sur le théâtre rajeuni de la terre; je revoyais enfin l'arche arrêtée au sommet de l'Ararat, d'où sortaient les légions des couples destinés à repeupler le royaume de l'homme. Pourquoi la géologie dédaignerait-elle ces légendes que les siècles se sont transmises, et où, sous des ornements divers, doit se cacher un fonds commun de vérité?

M. Bronn, savant naturaliste de Heidelberg, a victorieusement réfuté, dans un ouvrage récent qui a été couronné par notre Académie des Sciences, la théorie de d'Orbigny et d'Agassiz; il a montré que le monde animal et végétal n'a jamais changé du tout au tout, comme par un coup de baguette, que le phénomène de la disparition et de l'apparition des espèces n'est pas discontinu, mais qu'il ne s'interrompt jamais. La persistance de certains types

qui n'ont subi presque aucune altération depuis les époques les plus lointaines jusqu'à nos jours, les ressemblances générales et les affinités qui établissent un lien évident entre les faunes successives qu'étudie la paléontologie, s'accordent très-mal avec l'hypothèse de ceux qui voient dans l'histoire générale du monde une série de destructions radicales suivies de créations nouvelles : la filiation des formes organiques prouve au contraire que l'œuvre de la création n'a jamais été interrompue et que la nature est toujours en puissance. Les espèces apparaissent les unes après les autres, en succession plus ou moins rapide, et s'éteignent de même; le livre de mort et le livre de vie sont toujours ouverts, et la nature peut y écrire à son gré. La création, telle qu'Agassiz nous la représente, serait une série de tableaux détachés, séparés par de longs entr'actes; nous croyons au contraire que c'est un drame dont les acteurs ne peuvent se reposer, un effort continu, une lutte éternelle des forces vitales contre l'inertie de la matière. Dans la doctrine exclusive des créations répétées, la nature nous apparaît comme avec des masques dont elle change de temps en temps, et qui n'ont aucune ressemblance; dans les idées nouvelles, c'est toujours le même visage, d'une admirable sérénité : on n'y voit d'autres changements que les lentes altérations produites par l'âge, qu'une beauté chaque jour plus radieuse, qu'une expression de mieux en mieux marquée.

Si le règne animal et le règne végétal n'ont subi qu'une longue série de métamorphoses, la terre nous offre-t-elle quelque moyen de les connaître? Retrouvons-nous tous les anneaux de cette longue chaîne qui relie le présent au passé? Malheureusement non; nous n'en avons découvert que quelques parties éparses. Nous ne pouvons fouiller partout, ni à toutes les profondeurs, le sein de la terre, où gisent les débris, mutilés presque toujours, des siècles écoulés. Nous faisons le même travail qu'un archéologue qui veut

déchiffrer une inscription où presque toutes les lettres ont disparu. Les âges les plus lointains ne nous lèguent même aucun témoignage ; la chaleur intérieure de la planète a refondu depuis longtemps les couches sédimentaires où s'étaient déposés les débris des premières plantes et des premiers animaux. Les restes organiques les plus anciens que nous connaissions sont ceux d'un terrain auquel sir Roderick Murchison a donné le nom assez étrange de silurien. La faune que M. Barrande, l'heureux et habile explorateur des terrains anciens de la Bohême, a nommée la faune *primordiale*, ne remonte pas à une époque plus reculée ; mais que de faunes n'y a-t-il pas eu auparavant dont rien absolument n'est resté ! Ce n'est guère que dans les périodes les plus rapprochées de la nôtre qu'il nous est possible de chercher quelques faits à l'appui de la théorie de M. Darwin. Il y a, par exemple, une analogie bien frappante entre les marsupiaux fossiles de l'Australie et ceux qui aujourd'hui donnent un caractère si original à cette grande île continentale. L'armadillo de l'Amérique du Sud, animal recouvert d'une véritable armure formée de plaques, et la plupart des autres animaux qui font partie de la faune aborigène de l'Amérique du Sud, ont leurs analogues parmi les fossiles retrouvés dans les cavernes à ossements du Brésil et les immenses plaines de la Plata. La Nouvelle-Zélande est célèbre pour ses gigantesques oiseaux : le professeur Owen a montré que les fossiles qu'on y a découverts appartiennent à des oiseaux de la même famille. Quand la migration n'amène pas de nouveaux types animaux au milieu des types anciennement prépondérants dans une région géographique, on aperçoit une parenté évidente entre les faunes qui caractérisent les terrains successifs. Plus longtemps une province naturelle aura été isolée par le hasard des circonstances, mieux cette filiation s'apercevra : elle nous échappe au contraire dès que des faunes géographiques sont venues se mêler à la suite de

quelque événement physique qui les aura forcément rapprochées.

« Ou bien, dit avec beaucoup d'autorité M. Bronn, le développement successif et bien calculé des organismes pendant de si longues périodes est l'effet immédiat de l'activité systématique d'un créateur personnel qui avait pesé et décidé non-seulement l'ordre d'apparition, l'organisation particulière et la destination terrestre des innombrables espèces de plantes et d'animaux, mais aussi le nombre des premiers individus et leur station, qui a créé les êtres séparément, quoiqu'il eût été en sa puissance de les créer tous à la fois, — ou bien il existe une force naturelle quelconque, inconnue jusqu'à ce jour, qui a produit, suivant les lois propres de son activité, des espèces de végétaux et d'animaux, qui en a coordonné et réglé tous les rapports, tant généraux que spéciaux. Dans ce dernier cas, la force en question devait être intimement liée et soumise à ces lois inorganiques qui réglaient le développement progressif de la surface terrestre, les conditions extérieures de la vie des êtres destinés à s'y établir, et dont le nombre, la variété, la perfection, devaient continuellement aller en croissant. Ce n'est que de cette manière qu'on pourrait expliquer pourquoi le développement des êtres organisés a pu marcher de pair avec celui du monde physique. Cette force hypothétique serait en harmonie avec l'économie entière de la nature. Un créateur présidant au développement de la nature organisée par l'intermédiaire d'une force placée en elle-même, comme il dirige celui du monde physique par les seuls effets combinés de l'attraction et de l'affinité, répondrait en même temps à une idée beaucoup plus sublime que celle qui consisterait à admettre qu'il a pris continuellement, pour introduire de nouvelles plantes et de nouveaux animaux sur la terre et dans les eaux, les soins auxquels s'astreint un horticulteur pour cultiver son jardin. »

La force dont parle M. Bronn comme d'un agent encore mysté-

rieux et inconnu, M. Darwin prétend l'avoir trouvée, et c'est précisément ce qu'il nomme la *sélection naturelle*. Il y a, je dois le dire, un point sur lequel ces deux naturalistes professent des opinions opposées. Le savant allemand n'admet pas que les espèces nouvelles soient simplement une branche détachée des anciennes, il prétend que d'une espèce à l'autre il y a toujours saut brusque, et que nous ne trouvons jamais de termes intermédiaires. Cette objection assurément a quelque force. Il faut pourtant se rappeler que les spécifications des naturalistes sont souvent contradictoires, et que, surtout pour les classes inférieures du règne animal, on n'observe souvent que des différences insignifiantes et trompeuses entre les termes les plus rapprochés d'une même série; mais l'absence de termes intermédiaires, servant à rattacher par une gradation évidente deux espèces réputées différentes, peut s'expliquer assez naturellement. Il y a en effet, dans le principe de l'hérédité, une force, une persistance remarquable. Les formes et les caractères transitoires répugnent à la nature. La sélection crée des races avec une rapidité extraordinaire en un petit nombre de générations; mais dès qu'une race a reçu les derniers traits qui doivent la caractériser, elle les conserve indéfiniment et sans altération. Toutes les formes que la force vitale essaye pour passer d'un point à un autre sont comme les ébauches que l'artiste brise quand son œuvre est achevée. Est-il étonnant dès lors que dans les couches terrestres nous ne trouvions que les représentants des espèces investies de caractères permanents, qui, durant des siècles, ont couvert le fond des mers de leurs débris, et que nous n'ayons que bien rarement l'occasion d'y signaler quelque une de ces formes douteuses qui pourraient nous éclairer sur la transformation des êtres? Si l'on vient dire que depuis le commencement des périodes historiques on n'a jamais vu se former une espèce animale par la transformation d'une espèce précédente, on peut

répondre que l'homme n'en a pas vu naître une seule par un acte de création spontané : l'argument historique n'est pas plus favorable à une théorie qu'à l'autre ; mais qu'est-ce qu'une période de six mille ans dans l'histoire du monde ? Pour combien doivent compter deux cents générations humaines auprès de ces innombrables générations d'êtres qui se sont succédé sur notre planète depuis que le refroidissement l'a rendue habitable ?

Si la théorie de M. Darwin est exacte, les changements qui s'opèrent dans le monde physique ont pour effet d'arrêter le développement de certains êtres, de favoriser au contraire celui d'autres variétés, mieux adaptées aux circonstances nouvelles. Le problème, si longtemps agité, de la transformation des espèces reçoit ainsi une solution plus rationnelle, plus séduisante que toutes celles qu'on a proposées. Sans affirmer absolument, avec les adeptes de Lamarck, que les organes s'atrophient et se modifient dans chaque espèce au gré des besoins qu'elle éprouve, il suffira d'admettre que les individus et les races ayant des caractères divers, ces caractères, transmissibles par la génération, peuvent devenir, dans certains cas, des germes mortels et des motifs d'extinction, dans d'autres des gages de puissance et de perpétuité.

Si nous considérons seulement les races humaines, il est bien certain que les guerres, les migrations, les conquêtes qui en remplissent l'histoire ont dû forcément amener de très-notables changements dans leur distribution et leur importance relatives. S'il nous était possible de comparer la population actuelle de la terre à celle qui vivait il y a six siècles, nous serions sans doute étonnés de voir qu'une si grande révolution ait pu s'accomplir en si peu de temps. Certaines races privilégiées ont gagné tout le terrain que d'autres ont perdu : l'Indien, repoussé de plus en plus loin dans les prairies, ne mène plus aujourd'hui qu'une existence mi-

sérable ; sans parler des luttes sanglantes qu'il a soutenues contre les blancs, et où son indomptable courage n'a servi qu'à retarder une défaite inévitable, il est aujourd'hui devenu la victime des passions brutales dont la civilisation lui procure la facile satisfaction. Les descendants des grands guerriers dont les exploits légendaires sont remplis d'une si sauvage poésie finissent leurs tristes jours dans la misère et l'ivrognerie. Les habitants de la Nouvelle-Hollande ont été chassés des belles régions que la race anglo-saxonne couvre de ses colonies prospères ; ils ont dû se réfugier dans l'intérieur de l'Australie : une terre aride, d'immenses déserts de sable, des taillis où ils ne trouvent pas d'eau et presque pas de gibier, leur servent encore d'asile ; mais le nombre des aborigènes diminue chaque jour, et comme ils ne se croisent point avec les émigrants, toute trace de leur type hideux, le plus bestial et le plus grossier peut-être qu'on ait jamais rencontré, sera bientôt complètement effacée.

En étudiant ces représentants dégradés de l'espèce humaine, on a plus d'une fois été conduit à soutenir qu'il y a une filiation directe entre l'homme et les animaux. Cette question n'est point abordée dans l'ouvrage de M. Darwin : on comprend aisément les motifs de ce silence ; mais logiquement la théorie du naturaliste anglais nous semble aboutir à une telle conclusion. Il est bon de citer les paroles mêmes de l'auteur à ce propos. « On pourra demander jusqu'où je pousse la doctrine de la modification des espèces. Il est difficile de répondre à cette question, parce que plus les formes que nous pouvons être amenés à considérer sont distinctes, plus mes arguments perdent de leur force ; mais il y en a pourtant qui sont extrêmement compréhensifs. Tous les membres de classes entières peuvent être reliés par une chaîne d'affinités naturelles, et toutes les classes peuvent être divisées, d'après le même principe, en groupes subordonnés à d'autres groupes.

Il se rencontre quelquefois des fossiles qui peuvent combler les grands intervalles qui séparent certains ordres actuels. Quand nous voyons des organes à l'état rudimentaire, nous devons croire qu'un ancêtre éloigné a possédé ces organes à un état de développement complet, et par là dans certains cas nous sommes forcés d'admettre qu'il s'est opéré d'immenses modifications parmi les descendants successifs du même type. Dans des classes entières, les structures sont toutes agencées sur le même modèle, et à l'âge embryonique les espèces ont entre elles de grandes ressemblances. C'est pourquoi je ne puis douter que la théorie de la descendance, accompagnée de modifications, n'embrasse tous les membres d'une même classe. Je crois que tous les animaux descendent au plus de quatre ou cinq ancêtres, toutes les plantes d'un nombre d'ancêtres égal ou encore moindre. — L'analogie pourrait me faire faire un pas de plus, et m'amener à croire que tous les animaux et toutes les plantes descendent d'un prototype unique; mais l'analogie peut être un guide trompeur. Néanmoins il est certain que tous les êtres vivants ont beaucoup de caractères en commun, la composition chimique, la structure cellulaire, les lois de la croissance et de la reproduction. L'analogie nous conduit donc à inférer que tous les êtres organisés qui ont vécu sur cette terre descendent probablement d'une forme unique primordiale où pour la première fois est entré le souffle de la vie. »

M. Darwin admet donc qu'il y a eu tout au plus trois ou quatre formes organiques primitives, et il est même disposé à croire qu'il n'y en a eu qu'une : toutes les autres en sont sorties. L'homme, le dernier venu, pour lequel aucune exception n'est faite, doit donc se rattacher par une filiation naturelle aux êtres antérieurs qui ont avec lui le plus de caractères organiques en commun. Ces êtres, chacun le sait, sont les singes. Cette conclusion si blessante pour notre orgueil est, je dois le dire, l'objection principale

qu'on élève contre la théorie du naturaliste anglais. Il y a beaucoup de personnes à qui il suffira qu'on dise : « Voilà un livre qui montre que nous descendons des singes, » pour qu'elles le rejettent avec colère et refusent même d'y jeter les yeux ; mais la critique scientifique ne se laisse point arrêter par un semblable parti-pris : sa tâche est sans doute pénible et hérissée de difficultés quand elle doit analyser avec une rigueur scrupuleuse les rapports intimes qui rattachent dans l'homme l'esprit à la matière. A-t-elle le droit de fermer les yeux quand le médecin lui montre les mouvements de l'âme gouvernés par les perturbations de la maladie ? Doit-elle refuser de descendre avec lui dans le sombre et effrayant dédale des phénomènes de la folie ? Doit-elle rester sourde quand le naturaliste lui démontre que les dispositions morales, le caractère, les passions dominantes, se transmettent comme la forme du corps et les traits du visage ? L'instinct populaire a de tout temps protesté contre la doctrine qui voudrait faire de l'homme un être idéal, absolument indépendant, sans lien avec le passé. Qui osera dire qu'on ne puisse à bon droit être fier d'appartenir à une famille où certaines traditions d'honneur, de courage militaire, de talent, se sont perpétuées pendant plusieurs générations ? Il y a des philosophes spiritualistes qui écrivent sur l'histoire et qui, subissant à leur insu le préjugé commun, ont des prédilections avouées pour certaines familles où le sang communiquait les grandes qualités. De profonds penseurs n'ont-ils pas été jusqu'à faire des idées elles-mêmes, et de la plus haute de toutes, de l'idée de Dieu, le patrimoine primitif et longtemps exclusif d'une certaine race ? Que nous le voulions ou non, nous sommes tous dépendants de ce corps qui nous met en communication avec le monde extérieur ; il nous enchaîne, nous humilie, nous retient à la terre. Les plus célèbres moralistes, les plus grands orateurs chrétiens ont mis la principale gloire de l'homme

dans les victoires remportées sur la chair ; mais l'éloquence et la force même de leurs exhortations prouvent qu'ils n'ont pas cru ces victoires faciles. Pourquoi donc aurions-nous tant de souci de ce corps qui nous sépare de l'idéal que notre pensée peut atteindre et met une si grande distance entre nos rêves et la réalité ? Pourquoi tant nous préoccuper de ses origines ? Nous sommes comme des vases où une parcelle divine a été renfermée ; qu'importe la manière dont le vase a été façonné ? Si toute notre grandeur est dans la pensée, qu'importe si notre substance vivante a été tirée immédiatement du règne inorganique ou médiatement du règne animal ? Ce souffle divin, dont nous sommes les simples dépositaires, sera-t-il moins sacré parce que, suivant le beau mythe biblique, il aura été communiqué à une statue d'argile, ou parce qu'il nous sera arrivé de plus en plus affranchi à travers une série d'organismes divers ?

Je ne suis pas disposé à nier d'une manière absolue l'importance théorique de semblables questions ; mais qui ne sent qu'elles seront toujours enveloppées dans un épais mystère ? Nous pouvons à peine soulever un coin du voile impénétrable où se cache la nature créatrice ; notre ignorance doit au moins nous rendre tolérants pour toutes les doctrines, toutes les hypothèses, et cette tolérance est surtout facile à ceux qui considèrent les corps comme les formes variables et transitoires d'une substance éternelle. Il faut remarquer aussi que ceux qui humilient l'homme dans son passé lui offrent en compensation un brillant avenir, et ouvrent devant son activité une ère de progrès presque indéfini. Tirer au contraire l'homme parfait et tout achevé du sein de la nature, pareil à Minerve armée sortant du cerveau de Jupiter, c'est le condamner à ne jamais changer : tel il a été quand il a ouvert les yeux pour la première fois sur le spectacle magique de l'univers, tel il sera encore dans des milliers de siècles.

On objectera sans doute à M. Darwin qu'entre le plus humble, le plus chétif représentant de l'espèce humaine, et le plus fort, le plus intelligent des animaux, il y a un intervalle qu'aucun être connu ne peut remplir; mais, si j'ai bien pénétré l'esprit de sa théorie, des espèces extrêmement dissemblables peuvent sortir d'une souche commune : on peut même dire que plus les variétés d'un même type primitif sont peu ressemblantes, plus elles ont de vitalité et s'établissent fortement dans le règne animal. Pour bien comprendre de quelle façon M. Darwin entend la formation des espèces, il faut se figurer l'une d'elles comme un tronc d'arbre qui, arrivé à une certaine hauteur, jette des branches divergentes; parmi ces branches, celles qui s'éloignent le plus du tronc commun ont le plus de chance d'atteindre un grand développement. De même, lorsqu'un type se subdivise en variétés, les deux variétés extrêmes, la plus basse et la plus élevée, si l'on veut employer ces termes, se développeront avec plus de vigueur que les variétés intermédiaires, par cela même qu'elles seront les expressions les plus franches d'affinités naturelles d'un ordre différent. Les variétés bâtardes s'éteindront assez rapidement, et il ne restera bientôt que les deux formes extrêmes pour représenter une forme primitive commune. C'est ainsi seulement qu'en suivant les idées de M. Darwin, on pourrait expliquer comment le type d'où l'homme actuel s'est dégagé a pu laisser ses représentants les plus dégradés dans ces animaux malfaisants, malins, cruels, dont nous désavouons la parenté avec une énergie indignation. Le type primitif, qui s'est épanoui en branches distinctes, pouvait être d'ailleurs lui-même l'embranchement le plus élevé d'un type antérieur; ce dernier était lui-même issu d'un autre, et ainsi de suite. Cette hypothèse n'a rien de contraire aux découvertes de la paléontologie. Cuvier croyait à la vérité que les terrains les plus rapprochés de l'époque moderne, et qui portent

dans la science le nom de terrains tertiaires, ne contenaient point de singes fossiles; mais on en a retrouvé de nos jours des espèces fossiles dans l'Amérique du Sud, dans l'Inde et en Europe même, enfouies dans les couches les plus anciennes de la période tertiaire.

Si, comme M. Darwin le montre, parmi les formes issues d'un modèle initial commun, celles qui ont le moins de ressemblance ont le plus de chance de se perpétuer, on peut être tenté d'expliquer par ce fait comment il reste une distance si grande entre les singes et notre propre espèce. Parmi les races humaines, il en est qu'on est convenu de nommer inférieures; mais aucune ne peut être considérée comme un intermédiaire direct entre le singe et l'homme: du nègre au blanc, la distance, pour si grande qu'on la suppose, peut être comblée en peu de générations, tandis que, du singe au nègre, la distance est un véritable abîme, aussi bien que du singe au blanc. Il n'y a qu'une différence de degré et non d'essence entre l'intelligence du noir le plus sauvage et celle d'un Humboldt ou d'un Newton; la supériorité acquise de certaines races ne peut en aucune façon justifier la tyrannie qu'elles prétendent exercer sur d'autres races. Partout où l'esclavage pèse sur une nature morale, perfectible, sur un libre arbitre capable d'être guidé par la conscience et la religion, il est un crime et une monstruosité; c'est là une vérité à laquelle toute âme honnête doit se rallier, et qui est plus solide que toutes les doctrines de l'ethnographie et de l'histoire naturelle élevées aujourd'hui, demain renversées.

La théorie de M. Darwin soulève encore assez d'objections pour qu'il ne soit pas nécessaire de la combattre avec d'autres armes que des arguments purement scientifiques. Le défaut principal de son ouvrage, et l'auteur en a du reste conscience, c'est d'être trop dénué de pièces justificatives; il y est constamment question

d'observations dont on fera connaître le détail plus tard ; mais le lecteur, en attendant cette faveur, ne peut accorder sans réserve cette confiance que méritent seulement les travaux dont les résultats, les détails, la méthode ont passé victorieusement par l'épreuve de la discussion. Le caractère honorable de M. Darwin garantit parfaitement sa bonne foi, mais ne peut être un gage d'infailibilité. Il faut donc attendre la publication du grand ouvrage que promet M. Darwin pour porter un jugement définitif sur son œuvre actuelle ; dès aujourd'hui cependant on peut dire que depuis longtemps aucun écrivain n'avait agité avec autant d'éclat et de verve les questions les plus obscures et les plus difficiles de l'histoire naturelle. Chaque page, je dirai presque chaque ligne, éveille la curiosité de l'esprit ; peut-on faire un plus bel éloge d'une œuvre d'art ou de science, quand on a dit qu'elle fait penser ? M. Darwin a lui-même résumé, à la fin de son livre, avec une entière bonne foi, tous les arguments favorables ou contraires à sa doctrine de la transformation des espèces par la sélection naturelle. Qu'on nous permette de les exposer à notre tour en terminant cette étude.

Au premier abord, rien ne paraît plus difficilement admissible que la transformation des organes, des caractères, des instincts par l'accumulation répétée de variations extrêmement légères ; mais il y a bien certainement dans la nature organique une plasticité, une disposition au changement que la domesticité nous révèle, et il n'y a rien d'absurde à croire que les exigences du monde extérieur, la lutte perpétuelle des êtres, le changement des conditions sociales où ils se trouvent placés, poussent incessamment, quoique avec une lenteur extrême, la force vitale dans des directions nouvelles.

La stérilité presque universelle des hybrides est une des causes qui tendent le plus énergiquement à maintenir les espèces inva-

riables ; mais on a vu que l'impuissance des espèces différentes à se féconder mutuellement n'est pas absolue : les singularités extraordinaires que révèle le phénomène de la propagation observé chez les hybrides et les métis prouvent que les circonstances défavorables ou propices à la génération sont aussi variables que complexes. Il est permis de croire que la stérilité des hybrides ne va pas toujours en augmentant d'une génération à l'autre ; elle a pu au contraire quelquefois, sous l'influence de la domesticité ou sous d'autres influences purement naturelles, aller en diminuant à mesure que la fusion entre les éléments empruntés à deux espèces différentes s'opérait d'une façon plus intime.

Si, en adoptant le principe de la modification graduelle des êtres, on essaye d'expliquer les particularités de la distribution actuelle des espèces dans les diverses provinces naturelles, on rencontre assurément de très-grandes difficultés. Toutes les espèces étant issues d'un même genre primitif, il faut expliquer comment elles se sont propagées dans les parties du globe terrestre les plus éloignées ; c'est ici que la doctrine des révolutions du globe viendrait heureusement en aide à celle de M. Darwin. Tous les grands cataclysmes qui ont affecté les formes extérieures de la surface terrestre, en brisant les barrières qui séparaient les faunes, en déchirant les isthmes qui divisaient les mers, en obligeant les êtres à des migrations en masse, ont puissamment contribué à disséminer les espèces ainsi qu'à en augmenter le nombre. Nous ne voyons aujourd'hui que le résultat définitif de plusieurs révolutions semblables ; les migrations, les mélanges se sont renouvelés à mainte reprise, et nous ne pouvons plus discerner l'ordre dans lequel ces grands changements se sont opérés. La loi nous en échappe, mais le fait n'en est pas moins évident.

Nous pouvons d'autant moins suivre dans leur succession naturelle les formes organiques, depuis l'origine de la création jusqu'à

nos jours, que des exterminations répétées ont frappé un très-grand nombre d'êtres à toutes les périodes; nous ne les connaissons que très-imparfaitement par les restes fossiles, et nous sommes encore incapables de reconstituer, dans un ordre à la fois rationnel et historique, les grandes séries animales et végétales. Nous voyons souvent apparaître dans les couches terrestres des groupes entiers d'êtres qui n'ont aucun rapport, aucune affinité organique avec ceux qui remplissent les couches les plus anciennes; mais ce n'est pas la nature qui est ici en défaut, c'est la science qui n'est encore qu'au début de ses observations, et commence à peine à démêler les premiers linéaments de l'histoire du passé. Qui oserait affirmer que les crustacés et les mollusques du terrain silurien ont été les premiers habitants de notre planète? Une pareille idée a quelque chose de si absurde, qu'il n'est pas nécessaire de la réfuter.

Les objections, comme on le voit, qu'on peut élever contre la doctrine de la transformation progressive du règne animal et végétal sont tirées surtout de notre ignorance même. Le temps et les progrès de la science contribueront sans doute à en atténuer de plus en plus la portée. Cette doctrine invoque au contraire en sa faveur un certain nombre d'observations positives énumérées avec une très-grande habileté par M. Darwin. Il y a dans la nature animée une tendance à la variabilité en même temps qu'à la conservation: la lutte perpétuelle de ces deux influences imprime aux formes organiques des caractères qui se modifient d'âge en âge. L'homme, en créant des races, ne fait que tirer profit de cette tendance à la variabilité, en permettant qu'elle s'exerce à l'aise et sans perturbation; mais la nature arrive à des résultats tout semblables en obligeant les êtres animés à lutter sans cesse entre eux pour obtenir leur subsistance. Cette lutte est si pressante, que toute modification dans les organes, les instincts, les formes, qui

peut devenir un gage de victoire, se propage avec rapidité. La nature opère ainsi, tout comme l'homme, une sélection entre les divers représentants du même type; seulement elle agit éternellement, tandis que l'homme ne dispose que d'un jour. Aussi, tandis que l'homme n'arrive pas à créer de véritables espèces, la nature a pu, dans la série indéfinie des âges, modifier profondément tous les organismes et marquer un trait d'union entre les êtres les plus inférieurs et ceux qui occupent les rangs les plus élevés dans le règne animal. Elle n'a rien fait par bonds (*natura non facit saltum*); disposant de l'infinité du temps, elle a accumulé les variations partielles, multiplié les nuances et traversé l'un après l'autre tous les degrés qui séparent l'inertie absolue de la sensibilité la plus exaltée, la passivité de la liberté, l'instinct de l'intelligence.

La théorie de M. Darwin ne se recommande pas seulement par sa grandeur et son importance scientifiques : elle touche aussi à des questions pratiques dont la portée n'échappe plus à personne, notamment à la question de l'élevage et à celle de l'acclimatation. L'Angleterre est, on peut le dire, le pays classique de l'élevage. L'application raisonnée de la *méthode sélective* y a produit les résultats les plus merveilleux. En contemplant dans les expositions agricoles les plus beaux produits des races anglaises, on a trop souvent oublié par quels moyens on est arrivé à perfectionner ainsi la nature au gré des besoins de l'homme : on a cru très-bien faire en se procurant à très-grand prix de beaux modèles anglais et en opérant dans d'autres pays des croisements avec les races aborigènes. Toutes les observations de M. Darwin montrent cependant que de semblables croisements doivent être faits avec une très-grande circonspection. Les races gagnent à être croisées quand elles ont déjà beaucoup de caractères communs : le croisement ne fait alors qu'en rajeunir les forces et la fertilité ; mais

quand il se trouve dans un pays des races naturelles, aborigènes, aux traits bien marqués, il vaut mieux songer à les perfectionner par la simple sélection que par des croisements. C'est entrer en quelque sorte dans une voie déjà tracée par la nature, c'est mettre la sélection humaine au service de la sélection naturelle. L'instinct de l'éleveur consiste seulement à discerner, parmi les qualités, les formes d'une race, celles qui sont le plus susceptibles d'être amenées à la perfection; il faut qu'il devine, pour ainsi dire, les intentions de la nature : aussi rien n'est-il plus rare qu'un bon éleveur. Il faut, dans cette industrie agricole, des qualités de l'ordre le plus délicat, une sorte d'intuition, la connaissance la plus minutieuse de la structure des animaux, des rapports mutuels qui unissent entre elles toutes les parties de l'organisation. Ce grand art a été jusqu'à présent livré à un empirisme souvent aveugle. Quand l'observation aura révélé à l'homme quelques-unes des lois les plus importantes qui règlent l'hérédité des caractères naturels, quels progrès ne pourra-t-il pas accomplir autour de lui? Dès longtemps les Allemands, et notamment un gracieux penseur, Novalis, avaient jeté de brillants aperçus sur cet empire du monde animé destiné à l'homme, et sur le rôle qu'il lui appartient d'y jouer. Ces poétiques inductions se corroborent aujourd'hui par le témoignage de l'histoire naturelle, et c'est dans le pays où la science a toujours aspiré à devenir la servante de l'humanité que l'on s'attache le plus à découvrir les lois de l'élevage, cette branche si essentielle de la grande agriculture.

L'ouvrage de M. Darwin peut aussi être invoqué en faveur de l'acclimatation. Le naturaliste anglais montre en effet que les productions naturelles propres à une province géographique ne sont pas toujours celles qui pourraient le mieux y prospérer. Il oppose une foule d'exemples aux partisans des causes finales, qui croient

que la perfection est le caractère de toute chose créée et de toute combinaison naturelle. Comment expliquer, avec cet optimisme confiant, pourquoi nos animaux domestiques ont établi si facilement leur empire dans d'immenses régions, telles que l'Australie et les deux Amériques, où l'homme n'a trouvé aucune race d'animaux semblables quand il y a porté la civilisation? Avec quelle rapidité la pomme de terre n'a-t-elle pas envahi toutes les contrées de l'Europe sitôt qu'elle y fut apportée? S'il y a une harmonie remarquable, dans chaque province naturelle, entre la constitution physique, la topographie du sol, le climat et les productions du monde organique, cette harmonie n'a rien d'inflexible : c'est un accord qui peut être remplacé par un accord nouveau, et l'homme peut chercher son profit dans des combinaisons imprévues, où il met à la place de plantes et d'animaux nuisibles ou inutiles des plantes et des animaux utiles. Parmi les institutions récemment fondées en France, aucune ne mérite plus d'encouragements que la Société d'Acclimatation. En essayant sur notre territoire les productions des autres pays qui se recommandent par un caractère particulier d'utilité, elle peut rendre à la science et au pays de véritables services; mais l'acclimatation doit avoir l'histoire naturelle pour guide : en faisant des choix peu judicieux, elle se condamnerait à l'impuissance; elle pourrait même, en certains cas, produire des résultats très-fâcheux, si elle introduisait sur notre territoire des intrus doués d'une force vitale et d'une faculté de propagation remarquables, qui à la longue pourraient déposséder ou tout au moins gêner certaines productions aborigènes. Il ne faut pas que l'œuvre de l'acclimatation soit une simple affaire de curiosité, une fantaisie zoologique : elle doit moins rechercher les singularités exotiques que tout ce qui peut véritablement contribuer à servir l'humanité. A ce point de vue, quel service éminent ne rend pas à l'avenir et à la civilisation le cou-

rageux missionnaire anglais Livingstone, qui s'occupe d'acclimater dans le continent africain le coton des États-Unis, dont la culture ne prospère dans le continent américain qu'au prix de toutes les horreurs de l'esclavage! Le développement donné à la culture de la betterave n'a-t-il pas été le coup le plus sûr qui ait frappé le travail servile dans nos colonies? Tout se lie dans le monde, et la science ne peut accomplir aucun progrès dans l'ordre physique sans qu'un autre progrès n'en devienne l'écho dans l'ordre moral.





LE  
**PROBLÈME DE L'ÂME**

**DEVANT LA MÉTAPHYSIQUE ET LA SCIENCE.**



LE

# PROBLÈME DE L'ÂME

DEVANT LA MÉTAPHYSIQUE ET LA SCIENCE.

---

Depuis quelques années, la science analyse avec plus de rigueur qu'on ne pouvait le faire autrefois les rapports qui unissent le monde inorganique au monde organisé. Elle a démontré que la substance des êtres vivants ne diffère pas de celle des corps inertes et insensibles : la vie prend ses matériaux dans le monde physique sans en altérer les propriétés fondamentales, et la mort les rend intacts à ce gouffre de la substance matérielle, d'où ils ont été tirés un moment pour revêtir des formes éphémères. La science a fait un pas de plus : elle ne s'est pas contentée de prouver l'identité permanente et essentielle des corps simples répandus dans le règne inorganique et le règne organisé ; elle a réussi à recomposer de toutes pièces, sinon l'être vivant, au moins les parties constituantes des organismes ; elle ne fait ni une fleur, ni un fruit, ni un muscle, mais elle fabrique les principes chimiques que nous pouvons en extraire. Ira-t-elle jamais plus loin ? pourra-t-elle quelque jour disposer des forces mystérieuses qui unissent ces principes pour en faire de véritables organismes et rattacher ces organismes entre eux pour les faire concourir à une action commune et individuelle ? Il est permis d'en douter, et il faut même quelque audace pour poser une semblable question. De tels problèmes d'ailleurs ne surgissent pour nous que sur cette limite

vague et indécise qui sépare le domaine de la science de celui de la métaphysique. Heureux ceux qui, bornant leurs vœux et leurs espérances, se contentent d'arracher quelques secrets au monde phénoménal, en analysent patiemment les lois, enregistrent des faits, sans chercher à pénétrer l'essence même des forces naturelles ou de la substance qu'elles mettent en mouvement ! Celui au contraire qui veut embrasser l'ensemble du monde dans ses investigations ambitieuses, qui n'accepte pas la dualité commode de l'esprit et de la matière, qui veut du moins en réconcilier les termes et en saisir le contact, celui-là se condamne à des doutes étranges que la certitude scientifique ne réussit point encore à dissiper complètement.

Pendant il est certains esprits qui ne peuvent résister à l'attrait de ces problèmes. La science nous ramène toujours à l'homme, et l'homme à la philosophie. Dans notre œil est toute l'optique, dans notre oreille toute l'acoustique. Ce poids que traîne la vieillesse, et que l'adolescence porte avec une grâce si facile, est ce qui relie aussi les mondes dans leurs orbites. La chaleur qui nous anime est une parcelle de la chaleur universelle ; les nerfs sont des télégraphes qui impriment dans le cerveau les sensations produites par le dehors et qui transmettent aux sens nos volontés. Toutes les forces de la nature sans exception ont été mises en réquisition pour créer ce composé étrange qui s'appelle l'homme. Le temps, l'espace et le monde ne peuvent rien nous apprendre que nous ne puissions étudier en lui, et nous y trouvons de plus ce que nous ne découvririons jamais ailleurs. L'homme n'est pas seulement un poids, une réunion d'atomes chimiques, l'assemblage le plus délicat d'instruments physiques ; il est encore une force personnelle, une âme. Ce n'est donc pas sans raison qu'on a placé la biologie ou l'étude de la vie au couronnement de tout l'édifice scientifique. Après avoir traversé les cercles nombreux

des connaissances humaines, on se trouve forcément ramené à ce centre, que la métaphysique prend de son côté pour point de départ ; seulement elle étudie l'être en soi, sans forme, sans soutien extérieur, sans action définie sur ce qui le borne et le limite, tandis que la science l'envisage surtout dans ses manifestations et ne se rapproche que par degrés de l'inconnu qui gît sous les phénomènes. Ces deux méthodes représentent chacune une opération légitime de l'esprit : aller de l'objet au sujet, ou inversement du sujet à l'objet, n'est-ce pas franchir le même intervalle, passer sur le même abîme ?

Étudier les rapports de la substance corporelle avec la substance cachée qui en règle les mouvements, tel est le grand problème de la métaphysique, tel est aussi le but final de la science. La première parle plus volontiers de l'âme, la seconde de la vie ; mais nous ne connaissons pas mieux l'âme que la vie, et sous ces termes différents se cache sans doute un seul et même mystère. Le principe de la vie est-il différent du principe de l'âme ? lui est-il au contraire identique ? Qui a raison des matérialistes, qui identifient la matière et l'esprit, des vitalistes, qui interposent la vie comme un lien entre le corps et l'âme, des animistes, qui font de l'âme la source et le principe non-seulement des phénomènes intellectuels, mais encore des fonctions organiques ? Telles sont les graves questions que je voudrais examiner à l'aide des plus récents travaux de la métaphysique et de la science. Ce n'est pas d'ailleurs l'école physiologique de Montpellier qui a inventé le vitalisme, ni Stahl qui a découvert l'animisme : on peut retrouver dans l'antiquité la plus reculée les germes de ces grandes doctrines. En effet, on comprend à peine que l'homme existe sans se demander à lui-même, en termes plus ou moins précis, ce qu'il est par rapport au reste du monde, par quoi il diffère de la matière inerte, si le principe secret qui le fait vivre et penser doit mourir avec lui ou

lui survivre; mais ces questions redoutables ne prennent pas la même forme dans tous les esprits, et chez le même homme il est des heures où elles sont rejetées comme un poids inutile, d'autres où elles s'imposent avec une irrésistible autorité. Ce qui est vrai pour l'homme est aussi vrai pour l'humanité. L'un des plus vifs attraits de l'histoire de la philosophie est de nous montrer les défaillances, les conquêtes, les transports successifs d'une grande âme qui se développe à travers le temps et dans des milliers de canaux. Un regard rapide jeté sur de récents travaux montrera quelles solutions nombreuses a reçues déjà le problème de l'âme de la part des matérialistes, des animistes et des vitalistes en France et en Allemagne; nous essayerons ensuite de montrer dans quels termes il se pose actuellement entre les diverses écoles, et quelle lumière il doit attendre des sciences naturelles ainsi que des sciences historiques.

## I.

La distinction réfléchie de ce que nous entendons par l'âme et par le corps n'était pas aussi nette, aussi complète dans l'antiquité qu'elle l'est devenue pour nous. Pendant longtemps, on peut le dire, le spiritualisme et le matérialisme sont demeurés presque confondus, comme deux fleuves qui mêlent leurs eaux. Chez les Grecs, amoureux de la beauté plastique, on reconnaît une tendance instinctive à sacrifier l'esprit à la matière. Thalès aperçoit dans l'âme une force, un principe d'activité et de mouvement; mais les notions sur l'essence corporelle et l'essence spirituelle sont alors si mal dégagées les unes des autres, que le même philosophe, voyant l'aimant produire le mouvement dans le fer, n'hésite pas à le douer d'une âme.

C'est dans l'école pythagoricienne qu'on peut remarquer un pré-

mier effort vers ce qu'on pourrait nommer l'analyse de l'âme; elle tenta d'opérer la classification des fonctions et des attributs. Pythagore distinguait l'âme raisonnable, éternelle, issue de l'âme universelle, harmonie servant d'écho à l'harmonie générale du monde, d'une autre âme déraisonnable et éphémère. Anaxagore sépara nettement l'âme sensitive et l'âme raisonnable, il en douait les animaux comme les hommes; seulement l'âme raisonnable, unie à un corps d'animal, restait condamnée à l'infériorité. Dans ce système, on le voit, c'est le corps qui achève l'âme et en limite le développement. Épicure accordait encore moins à la force spirituelle, il ne reconnaissait pas la distinction entre l'âme sensitive et l'âme raisonnable; mais son analyse eut pour effet de mieux approfondir les phénomènes de la sensibilité. Ce fut lui qui pressentit la distinction si bien établie par la physiologie moderne entre la vie animale proprement dite et la vie végétative.

Platon sacrifia sans hésiter la matière à l'esprit : comparant l'âme à un pilote dont le corps serait le vaisseau, il proclama que leur union est une violence momentanée et la mort une délivrance, doctrine au moins séduisante et idéale. Bien que Platon vit dans l'âme un principe unique et éternel, il y distingua trois fonctions, la sensibilité, le désir et la raison. Les deux premières ne sont en jeu que pendant le court mariage de l'âme avec la matière; une fois affranchie, l'âme cesse d'être sensitive et appétitive, et elle ne trouve l'immortalité que dans la raison.

Aristote ne reconnut pas l'indépendance complète de l'âme et du corps comme avait fait Platon; il ne creusa pas, comme celui-ci, un abîme entre les deux substances. Il regardait surtout l'âme comme une force, comme un principe d'activité; suivant lui, l'âme n'est pas le corps, mais elle ne peut exister sans le corps, de même qu'il ne saurait y avoir de pesanteur sans corps pesants, de lumière sans corps lumineux. Cette doctrine peut être

interprétée au profit de plus d'une théorie; l'antiquité et les stoïciens principalement la poussèrent jusqu'au matérialisme, les philosophes chrétiens cherchèrent à la réconcilier avec le spiritualisme. Toutefois le spiritualisme des Pères de l'Église fait à la matière une bien plus large place que le spiritualisme moderne; il abandonne au corps non-seulement la sensibilité, mais encore le sens commun, la mémoire, une espèce de jugement : il ne réserve que la raison la plus subtile à l'*animus* immortel. Saint Thomas, l'Ange de l'école, avait, pour prendre le mot de Pascal, reconnu bien des droits à la *bête*; il trouvait mauvais que Platon, dans son sublime dédain, eût prétendu que la destinée de l'âme était, non pas d'être unie avec le corps, mais de s'en séparer définitivement. Il ne les considérait pas, quant à lui, comme complets l'un sans l'autre; il ne plaçait pas l'âme dans un point particulier de notre corps : elle est partout, elle en est la forme substantielle, elle ne diffère pas du principe vital. « L'âme, écrivait-il, est tellement la réalité du corps animé, que c'est par elle qu'il est corps, qu'il est corps organique et faculté vivante. » Cette doctrine fut la croyance générale du moyen âge. L'âme unie au corps jouit de sa vie complète; séparée de lui, elle ne fait qu'une sorte de rêve; le dogme de la résurrection de la chair complète celui de l'immortalité de l'âme. Aussi le catholicisme, dont la force a consisté surtout à se mettre en harmonie avec les besoins les plus instinctifs, les plus spontanés de la nature humaine, a-t-il senti la nécessité de donner la résurrection du corps comme complément à l'immortalité. Si nous désirons une vie future, c'est autant et souvent plus pour les autres que pour nous-mêmes. Ce qui nous répugne et nous attriste, c'est la pensée de voir disparaître et se perdre dans le néant ceux que nous aimons, que nos mains, nos lèvres, nos yeux ont cherchés, ceux dont la vie a enveloppé la nôtre de liens si doux et si forts, que nous les

avons crus indestructibles. Nous voulons qu'ils revivent, mais notre pensée ne peut les revêtir de l'immortalité que sous la forme qui nous est familière, et bien que cette forme ait varié avec le temps et les années, notre espérance l'immobilise et la revêt des traits qui nous ont le plus vivement frappés. La mère, penchée sur le berceau de son nouveau-né, peut-elle le voir dans le ciel autrement qu'avec les grâces innocentes de l'enfance? Les poètes ont compris ce besoin de notre nature; quand Virgile, Dante, nous promènent dans l'enfer et le ciel, qu'y retrouvons-nous? La terre. Lorsqu'il n'écoute que ses espérances, l'homme se dérobe à la froide raison pour se laisser emporter par le sentiment.

Le divorce entre l'esprit et la matière ne fut jamais complet aux yeux des disciples de l'école aristotélique, et les philosophes réformateurs qui aspirèrent à fonder des doctrines indépendantes restèrent soumis sur ce point aux habitudes de leur temps. Bacon, exclusivement physicien, n'admettait qu'un esprit vital et corporel, bien qu'invisible. Van Helmont donna une forme précise à la doctrine qui porte aujourd'hui le nom de *vitalisme*; il admit que le principe qui nous fait vivre est distinct de l'âme. Ce principe, nommé par lui *archée*, sert de trait d'union entre la substance spirituelle et la substance corporelle. Partout où il y a de la vie, il y a des archées: chaque organe a le sien; mais ils sont, dans l'être vivant, subordonnés à un archée central, qui lui-même est dans l'homme sous la dépendance de l'âme.

Descartes déchira le lien ontologique qui unissait l'esprit et la matière: il attribua au premier la pensée, au second l'étendue, et les laissa, en face l'un de l'autre, dans un état d'opposition éternelle. Jusqu'à lui, tous les docteurs, soit théologiens, soit philosophes, avaient donné une étendue aux esprits, infinie à Dieu, finie aux anges et aux âmes raisonnables. Le grand philosophe renou-

vela la métaphysique, scinda la substance en deux, sans toutefois expliquer l'action réciproque des deux parties. Où il n'y avait point de pensée, il ne vit qu'un mouvement matériel : les animaux furent réduits à l'état de simples automates ; l'âme de l'homme fut confinée dans la pensée, la besogne secondaire de la sensibilité fut abandonnée à des esprits animaux. Rien n'est plus curieux que d'observer ces grandes révolutions intellectuelles qui s'opèrent dans l'humanité. Tandis que durant tant de siècles les attributs de l'étendue et de la pensée étaient restés à peu près confondus dans toutes les théories, ils furent tout d'un coup détachés l'un de l'autre, et le monde se vit dédoublé. Tous les esprits acceptèrent l'incompatibilité de l'étendue et de la pensée, et la doctrine cartésienne a laissé des traces si profondes, qu'aujourd'hui encore il n'est pas un esprit philosophique qui n'en subisse l'influence, et qui, même en protestant contre elle, ne montre les traces de la chaîne qu'il a brisée.

Le fondateur du vitalisme, van Helmont, avait essayé de rejoindre les deux substances par un principe vital intermédiaire ; la tentative que fit Leibnitz dans la même intention est bien connue, c'est l'originale théorie de l'harmonie préétablie. Dieu intervient ici directement : il tient dans ses mains les fils qui doivent mouvoir le corps et ceux qui doivent mouvoir l'âme ; toutes les modifications de l'une correspondent à certaines modifications de l'autre, réglées dès l'origine des choses. Ce système ingénieux a de quoi plaire, mais il est si artificiel, que la pensée le repousse avec une force invincible, presque sans le secours du raisonnement. Une âme qui représente essentiellement le corps, un corps instrument essentiel de l'âme, cette âme et ce corps néanmoins étrangers l'un à l'autre, et liés seulement par la volonté extérieure de la Divinité, voilà le système leibnitzien.

Vers la même époque prenait naissance une doctrine bien diffé-

rente, qui subordonnait complètement la substance matérielle à la substance spirituelle : c'est l'*animisme* de Stahl, le physiologiste de Halle et l'auteur célèbre de la *Vraie théorie médicale*. La matière fut réconciliée avec l'esprit en devenant son esclave docile, son expression extérieure et spontanée, son œuvre perpétuelle. Ici l'âme bâtit le corps ; c'est une force intelligente qui choisit ses matériaux dans le monde inorganique, les associe, leur imprime une forme spéciale, les revêt de propriétés nouvelles, compose des organes et les groupe de manière à concourir au développement de l'être vivant : la nutrition, la circulation du sang, la respiration, sont ses manifestations, aussi bien que la pensée. Aucun des actes observés dans le corps vivant ne s'accomplit par le corps seul, mais par l'âme, principe et cause de la vie. C'est elle, selon Stahl, qui conserve le corps, qui le développe, qui l'approprie à ses fins, car il est fait pour elle et par elle, bien loin qu'elle soit faite pour lui et par lui. Voilà, dira-t-on, une âme bien savante ! Si elle connaît ses organes, comment les laisse-t-elle dépérir dans la maladie sans leur donner ce qui pourrait leur rendre la santé ? Comment permet-elle à la mort de s'en emparer, puisqu'elle peut leur donner la vie ? Elle est donc liée par quelque fatalité dans ses rapports avec l'organisme, bien que celui-ci soit son œuvre immédiate ? Nous touchons ici à la partie la plus délicate du problème de l'âme.

Cette substance inconnue doit-elle être identifiée avec le *moi*, ou, autrement dit, toute opération de l'âme doit-elle être accompagnée du phénomène de la conscience et de la liberté ? Ou bien peut-on admettre que l'âme ne se révèle à elle-même et n'est libre que dans certains actes, et qu'elle peut, à côté et au-dessous des opérations de la pensée, poursuivre un travail sourd et latent dans le domaine des objets qui touchent directement à la vie ? L'école cartésienne a confondu l'âme avec le *moi*, les animistes doivent

reconnaître que le *moi* n'est qu'une des expressions de l'âme, et qu'elle subsiste encore là où il n'y a plus ni conscience ni liberté, dans le sommeil, dans l'extase, dans la folie, dans l'accomplissement instinctif et spontané de toutes les fonctions organiques. La physiologie et la psychologie se trouvent ainsi confondues. Au degré le plus bas des phénomènes animiques sont les fonctions de la vie nutritive, régulières dès le principe, déterminées par un instinct qui ne se trompe jamais, aussi parfaites dans l'embryon que dans l'adulte. Les fonctions de relation tiennent une place plus haute; par elles, l'être est mis en rapport avec le monde extérieur; l'âme est obligée de faire l'éducation des sens et de diriger les mouvements des organes locomoteurs : toute sa sollicitude est tenue en suspens durant la période où ces mouvements et ces sensations demeurent encore désordonnés. A mesure que les actes de cette vie de relation s'accomplissent plus aisément, avec la sûreté de l'habitude, l'âme, moins préoccupée, en perd peu à peu la conscience; elle entre plus librement dans le monde de la pensée, mais elle ne cesse pas d'agir instinctivement dans tous les phénomènes vitaux.

Un tel système est-il matérialiste? est-il spiritualiste? On ne peut, ce semble, répondre avec certitude à cette question. Identifier le principe vital avec le principe de l'âme, ce peut être logique; mais sans aucun doute c'est rapprocher les phénomènes intellectuels des phénomènes vitaux, que nous sommes naturellement disposés à regarder comme des phénomènes de l'ordre purement matériel. Dans l'animisme de Stahl, les phénomènes organiques ne sont point, il est vrai, rapportés au corps, et en ce sens Stahl s'éloigne du matérialisme; mais au lieu d'être rapportés à l'âme *pensante* et ayant conscience de ses opérations, ils le sont à l'âme non pensante, agissant sans volonté, sans idées, ou du moins sans la conscience de cette volonté et de ces idées. Ce

contraste entre les opérations conscientes et inconscientes d'un agent unique a frappé beaucoup d'esprits, et la théorie qui porte le nom de *vitalisme* n'a d'autre objet que de l'effacer et d'attribuer à des agents séparés ces opérations différentes : sont-elles pourtant de nature à faire admettre une force double, pour expliquer d'une part ce qui se rattache à l'organisation proprement dite, de l'autre ce qui sort de l'âme pensante? Cela peut sembler d'autant plus douteux que la conscience nous abandonne et nous fait défaut non-seulement dans l'accomplissement de certains actes organiques, mais encore au milieu même de la pensée. Celle-ci nous entraîne souvent, nous assujettit, nous enlève dans de nouveaux cercles, sans que nous opposions, comme individus conscients, aucune résistance. Quelque chose nous réveille tout d'un coup, comme au milieu d'un rêve, et ce n'est qu'alors, par une réaction subite, que nous faisons un retour sur le chemin que nous avons parcouru, et que notre pensée se manifeste à la conscience. Or, si l'âme cessait d'être l'âme dans les moments où elle cesse d'avoir conscience d'elle-même, à quel guide serions-nous donc livrés quand nous suivons le vol capricieux de certaines idées que notre mémoire associe confusément et sans règle apparente? Qui n'a subi l'oppression d'une pensée qu'il n'avait point appelée, et qui se dressait sans cesse en face de la volonté rebelle? Qui n'a éprouvé des pressentiments et ne s'est senti frappé par l'aiguillon d'une idée complètement imprévue? Qui n'a, en descendant dans les cercles de son être intérieur, pénétré jusqu'à des pensées, des images, des combinaisons, des espérances qui, un moment après, révélées à la conscience, l'ont remplie de trouble et quelquefois de honte? Il y a donc dans l'âme elle-même, dans ses opérations purement idéales, quelque chose d'inconscient, de fatal, une part soustraite à la liberté, à la raison. C'est donc à tort qu'on invoque le phénomène de la conscience pour

dédoubler l'être intérieur en deux et distinguer l'âme du principe vital.

C'est pourtant ce qu'ont fait tous les vitalistes depuis Barthez jusqu'à nos jours : aussi leurs théories sont-elles moins intéressantes au point de vue des rapports de l'âme avec un principe vital hypothétique qu'au point de vue de la physiologie proprement dite. Médecins pour la plupart, les vitalistes ont cependant montré que l'explication des phénomènes de l'être vivant demeure incomplète quand on veut faire intervenir uniquement les forces inorganiques, la lumière, la chaleur, la gravitation, l'affinité chimique, l'électricité. C'est là, on peut l'affirmer, le côté capital des doctrines vitalistes. En dehors de forces mécaniques, physiques et chimiques, elles reconnaissent des forces spéciales aux êtres vivants qui servent aux premières de contre-poids et d'auxiliaires. Sur ce point, toutes les écoles vitalistes sont d'accord : elles ne diffèrent que lorsqu'il s'agit de définir les forces plastiques qui donnent la forme à l'être vivant. Barthez, le célèbre fondateur de l'école physiologique de Montpellier, ne reconnaissait qu'une force vitale, cause unique qui produit tous les phénomènes de la vie dans les corps humains ; mais la difficulté qu'éprouvèrent les vitalistes à définir sûrement le *principe vital*, à montrer comment il se distingue à la fois et du corps et de l'âme, fit qu'ils se sont bornés peu à peu à rechercher en face de chaque phénomène particulier la force particulière qui le produit. On fut conduit de la sorte à rejeter l'unité du principe vital, à localiser les forces vitales dans les organes divers, l'irritabilité dans le muscle, la sensibilité dans le nerf, etc. Une fois sur cette pente, on arrive aisément à regarder la matière comme susceptible de s'organiser elle-même, c'est-à-dire au matérialisme. C'est là en effet qu'est venu aboutir le vitalisme dans l'école de Paris, rivale de celle de Montpellier. L'*organicisme* est le nom barbare donné à la doctrine

qui a longtemps régné dans l'Académie de Médecine de notre capitale. Suivant les adeptes de cette théorie, la force est une faculté propre, inhérente au corps organisé, une loi de la vie. Bien plus, c'est la vie elle-même, l'ensemble des phénomènes qui la composent; la force vitale n'est plus une cause, un agent propre à expliquer l'organisation, c'est un phénomène, un effet de cette organisation elle-même.

Les discussions, d'abord resserrées dans le théâtre étroit où la vie semble confiner à l'âme et l'âme à la vie, sortent forcément de ces limites, et une logique invincible pousse certaines doctrines vers le matérialisme pur et simple, les autres vers l'idéalisme proprement dit. L'esprit de mesure particulier à notre pays retient d'ordinaire les esprits sur ces pentes fatales; mais en Allemagne ils se laissent emporter sans résistance: les théories y revêtent des formes plus systématiques et plus originales. Il n'est plus question de vitalisme au delà du Rhin, le matérialisme s'y affirme audacieusement; des écrivains, des savants, animés d'un zèle ardent, d'un talent incontestable, déchirent tous les voiles de l'ancienne métaphysique, la frappent avec la fureur des iconoclastes qui brisaient les idoles. Enivrés par les découvertes de la science moderne, amis ardents du progrès politique et social, ils accusent la métaphysique d'avoir endormi trop longtemps leur patrie dans les sophismes et les chimères, de l'avoir rendue indifférente à la liberté en lui montrant toutes choses soumises à d'éternelles et nécessaires contradictions. Charles Vogt, Moleschott et leurs élèves mettent leur matérialisme au service du radicalisme politique. Le premier, arrivé jeune à la renommée en collaborant aux travaux d'Agassiz et auteur d'ouvrages scientifiques très-estimés, prit place à l'extrême gauche du parlement de Francfort en 1848, et y prononça quelques discours pleins d'éloquence; aujourd'hui proscrit, il a trouvé un asile à Genève, où il est devenu profes-

seur de géologie et membre du Conseil d'État. Suivant Vogt, le cerveau sécrète la pensée comme le foie sécrète la bile; le corps n'est qu'une combinaison particulière de substances soumises à divers mouvements, l'âme n'est que la résultante des forces complexes développées dans l'organisme animal. Ces doctrines sont exposées dans les *Tableaux de la Vie animale* du professeur de Genève et dans ses *Lettres physiologiques*. « Le développement des facultés intellectuelles, dit Vogt, marche de front avec le développement du cerveau, avec le perfectionnement de ses parties, avec la consolidation de sa substance, absolument de la même façon que dans d'autres organes le développement de la fonction marche de pair avec le développement de l'organe. Il faudrait par conséquent admettre pour ces fonctions la même théorie que pour celles du cerveau, et prétendre que les fonctions de la vue, de l'ouïe, de la circulation du sang et de la respiration ne sont pas non plus inhérentes aux organes, et qu'elles se maintiennent après l'anéantissement des organes, de telle sorte que la vision, l'ouïe, la circulation et la respiration subsisteraient encore après la mort, alors même que l'œil et l'oreille, le cœur et les poumons seraient depuis longtemps anéantis et décomposés. Qu'il soit absurde d'admettre une pareille chose, cela saute aux yeux. — Ainsi, dira-t-on, voilà la porte ouverte au simple matérialisme! Quoi! l'homme, tout comme l'animal, serait une machine, sa pensée le résultat d'une organisation déterminée, la libre volonté détruite par conséquent! Chaque modification de la fonction supposerait dans l'organe un changement matériel qui le précéderait ou plutôt qui aurait lieu en même temps! Je ne puis répondre qu'en disant: En vérité, c'est ainsi qu'il en est; il en est vraiment ainsi. »

Aux premiers rangs de l'école positive en Allemagne, nous trouvons M. Moleschott, professeur de physiologie à Zurich. Dans ses lettres adressées au fameux chimiste Liebig et réunies sous ce

titre : *le Cercle de la Vie*, la doctrine de l'âme, de l'immortalité, de la liberté humaine, l'hypothèse des causes finales sont attaquées avec une éloquente vigueur. Il n'y a pour M. Moleschott d'immortel que la matière, livrée à d'incessantes transformations. Les forces ne peuvent se concevoir en dehors de la substance matérielle, et l'âme ne peut se comprendre en dehors du corps. Une force sans agent matériel qui la supporte est une représentation absolument dénuée de réalité, une conception abstraite et privée de sens. « Pour défendre, dit-il, l'existence de la force vitale, on s'appuie sur ce que nous ne pouvons produire ni animal ni plante; mais sommes-nous donc en état d'engendrer à notre gré tout minéral composé, alors même que nous en connaissons parfaitement la composition? Et pourtant qui attribue à la montagne une force vitale? » Toute la science de la vie n'est plus qu'une extension de la chimie et de la physique, la pensée se réduit à un mouvement de la matière cérébrale, comme le son résulte du mouvement de l'air, la lumière de celui de l'éther. Nous sommes plongés dans une mer de substances en mouvement, et nous ne sommes nous-mêmes qu'un flot parmi les flots de cet océan infini. Quant à notre volonté, elle est la conséquence nécessaire de tous les mouvements qui nous sollicitent, et, comme la planète est fixée à son orbite, elle se lie invinciblement à une loi naturelle et générale. « Si un homme d'État, écrit l'impitoyable écrivain, ou plus vraisemblablement quelque savant de cabinet nous opposait que quiconque nie la liberté de la volonté ne peut conquérir la liberté, je répondrais que celui-là est libre qui a acquis la conscience où se trouve son être vis-à-vis de la nature, des rapports de son existence, de ses besoins, de ses désirs et de ses exigences, des limites et de la portée de son activité. »

Il y a bien d'autres noms à citer encore après ceux de Vogt et

de Moleschott, pour montrer avec quelle énergie l'Allemagne réagit en ce moment contre les doctrines métaphysiques dont elle s'était enivrée pendant la première moitié de ce siècle. Le dogme fondamental de la nouvelle école, c'est qu'il n'y a point de force sans substance. Il n'y a de réel, d'éternel que la substance, que l'atome. Écoutez M. du Bois-Reymond, l'habile physiologiste de Berlin. « Matière et force se complètent l'une par l'autre et se supposent réciproquement; isolées, elles n'ont aucune consistance, » écrit-il dans la préface de son grand ouvrage sur *l'Électricité animale*. M. Hermann Burmeister, professeur à Halle et zoologiste éminent, affirme comme Vogt, comme Moleschott, que l'âme n'est qu'une résultante de forces inhérentes à des substances réunies dans un organisme animal éphémère. M. Büchner, professeur à Tubingue, a, dans ses livres intitulés *Force et Matière* et *Esprit et Nature*, ramené le matérialisme moderne à l'antique théorie atomistique. « L'atome, ou la plus petite partie indivisible et fondamentale de la matière, est le dieu auquel toute existence, la plus infime comme la plus élevée, est redevable de l'existence. Existant de toute éternité, l'atome prend part, dans une évolution éternelle et sans trêve, aujourd'hui à cette formation, demain à cette autre, et il reste identique à lui-même au milieu de toutes ces transformations, toujours le même, immuable. Le même atome qui aida jadis à former la pierre, l'air, l'eau, forme aujourd'hui une partie de ton corps, et prendra peut-être part dans un moment au travail intellectuel le plus compliqué, pour quitter ensuite son théâtre d'activité, rentrer dans la circulation permanente de l'échange matériel et suivre les voies les plus diverses. Ne reconnais-tu pas ici quelque chose qui est partout condition et cause de toutes choses, sans quoi ni la forme, ni la pensée, ni le corps, ni l'esprit, ni en général aucune existence ne serait possible, et qui par conséquent, dans l'éternelle métamorphose de

tous les phénomènes, est seule digne du nom de principe? Cette chose unique est l'atome ou la substance! »

Dans ce concert de voix qui célèbrent en Allemagne la substance matérielle se rencontrent toutefois des discordances : l'idéalisme conserve encore des adeptes et d'éloquents défenseurs. Je n'en voudrais d'autre preuve que la popularité posthume qui s'attache au nom et aux œuvres de Schopenhauer. Ce philosophe éminent, qui toute sa vie ne put briser le cercle d'indifférence et d'oubli où s'aigrissait son génie, trouve aujourd'hui des admirateurs passionnés. Il séduit par la profondeur et l'originalité des vues, par la vigueur de son style et jusque par cette tristesse amère et hautaine qui de l'idéalisme l'a poussé jusqu'au quietisme ou plutôt jusqu'au *nirvâna* bouddhique. Schopenhauer débute par le scepticisme absolu de Kant et frappe de suspicion la réalité du monde extérieur et des apparences éphémères. Comment sort-il du doute? Ce n'est pas à la façon de Descartes, en disant : « Je pense, donc je suis. » C'est en faisant appel à la volonté. Sa formule est : « Je suis, parce que je veux être. » La volonté est la force maîtresse du monde, consciente dans l'homme, inconsciente dans la nature ; c'est l'activité qui crée tous les phénomènes, aussi bien intellectuels que matériels. « Le corps, écrit Schopenhauer dans son principal ouvrage, intitulé *le Monde en tant que volonté et représentation*, n'est pas autre chose que la volonté se traduisant visiblement, la volonté objectivée. » C'est par elle que s'explique notre foi à l'immortalité. Si nous ne voulions pas vivre demain, nous ne pourrions vivre aujourd'hui ; mais vouloir vivre demain, n'est-ce pas vouloir vivre toujours?

Comme la volonté est la chose en soi, la substance interne, l'essence du monde, comme d'autre part la vie, le monde visible, le phénomène n'est que le miroir de la volonté, le philosophe allemand en conclut que la vie accompagnera la volonté aussi invin-

ciblement, aussi inséparablement que l'ombre suit le corps. Pour vivre toujours, il n'est besoin que de vouloir. Il ne prononce pas avec hésitation le fameux *to be or not to be*, il croit fermement qu'il ne dépend que de lui de prolonger le mariage de la volonté à une forme qui en soit l'instrument. Mais quoi! si ce mariage n'était pas heureux, si cette immortalité n'était qu'une chaîne, si rien ne pouvait la briser, pas même le suicide, parce que celui-ci ne frappe que le corps, que nous resterait-il à faire; sinon à tuer en nous-mêmes la volonté de vivre? Vous tous qui êtes fatigués de l'ironie du destin, des labeurs mesquins de la vie quotidienne, blessés dans vos espérances, vos désirs, cherchez l'oubli de vous-mêmes, sacrifiez votre individualité, plongez-vous dans le fleuve Léthé du renoncement. « Ainsi, dit Schopenhauer, dans la contemplation de la vie et de la pratique des saints, nous reconnaissons la sombre impression de ce néant qui flotte, comme dernier but, derrière toute vertu et toute sainteté, et que nous craignons de dissiper, de même que les enfants ont peur des ténèbres. Je le confesse volontiers, ce qui reste après la destruction complète de la volonté semble, à tous ceux qui sont encore pleins de la volonté de vivre, un pur néant; mais à l'inverse aussi, pour ceux chez lesquels la volonté s'est détournée d'elle-même et s'est niée, tout ce monde si réel, ce monde avec tous ses soleils et ses voies lactées, n'est plus à son tour que néant. » Ainsi cette philosophie, qui assoit sa base sur la volonté, a pour couronnement la destruction même de la volonté. L'œuvre de Schopenhauer, si riche en détails, en aperçus profonds, ressemble à un palais bâti sur le bord de la mer; on admire les somptueuses façades, les longs portiques, on se promène dans les allées bien dessinées, parmi les massifs de verdure; mais bientôt on arrive sur la plage où l'Océan ouvre ses abîmes et murmure ce chant monotone qui invite la pensée à l'éternel repos.

Nous avons opposé Schopenhauer aux matérialistes allemands contemporains; mais l'école animiste compte d'autres représentants au delà du Rhin. M. Hermann Fichte, le fils du célèbre philosophe, a cherché à rajeunir l'animisme dans son *Anthropologie*; il reconnaît à l'âme une existence réelle et individuelle. Dans son système, chaque âme particulière organise elle-même le corps qui lui est approprié; ce dernier n'est pas, comme dans la doctrine de Schopenhauer, une volonté objectivée, c'est une âme manifestée dans le temps et dans l'espace. L'âme serait donc étendue? Oui et non, car si elle n'est pas limitée géométriquement par le corps, elle a cependant une demeure propre, ce que M. Fichte nomme un *corps intérieur* (*innerer Leib*), doué de la vertu organisatrice et passant par des évolutions successives depuis la naissance jusqu'à la mort. C'est là l'idée neuve, mais étrange et difficile à saisir, de l'*Anthropologie*. Le corps intérieur, ce lien mystique entre le corps et l'âme, n'est-ce pas sous un autre nom l'*archée* de van Helmont?

Parmi les physiologistes allemands qui se rattachent aux doctrines spiritualistes, il faut encore citer Carus, le célèbre correspondant de l'Institut de France, qui fut honoré de l'amitié de Goethe. Il faut remonter jusqu'à Platon pour trouver quelque chose d'analogue à la doctrine du savant professeur, exposée systématiquement dans un livre récent, *Nature et Idée*. Comme le titre l'indique, les corps ne sont pour Carus que des idées objectives; l'âme est l'indestructible idée du corps, inconsciente en ce qui ne regarde que les transformations organiques proprement dites, consciente dans le domaine de la pensée, mais toujours principe et cause de tous les phénomènes de l'être vivant, depuis la pensée jusqu'à l'acte de la nutrition. L'âme n'est pas localisée, elle n'est point comparable à l'araignée au centre de sa toile: elle a son siège dans toutes les cellules vivantes, dans la mo-

nade organisée, dont chacune est en quelque sorte un résumé de l'univers.

## II.

Quelle impression laisse à notre esprit l'examen de tant de systèmes? à quel point fixe peut-on s'arrêter? Un fait semble hors de conteste : c'est la nécessité de faire intervenir, pour l'explication de la vie et de la pensée, autre chose que les propriétés connues de ce qu'on appelle vulgairement la matière. Dans les corps inorganiques, les combinaisons dépendent des forces inhérentes aux substances mêmes qui se combinent; mais dans un composé vivant, la puissance qui forme et entretient les organismes ne réside pas uniquement dans les propriétés des éléments: il y a autre chose qui fait équilibre à l'affinité chimique et aux forces physiques. Quel sera cet agent nouveau? sera-t-il simple ou complexe? Le vitalisme est impuissant à définir ce principe, qu'il interpose entre le corps et l'âme. Les animistes laissent incertaine toute limite entre les phénomènes intellectuels et les phénomènes organiques, et n'en montrent pas encore assez nettement tous les liens. Dans l'examen du problème de l'âme, on se place à un point de vue trop étroit, trop anthropologique. Que l'on se demande d'abord quelle est la différence capitale, essentielle, fondamentale entre le règne inorganique et le règne organisé, et la réponse à cette question fournira une méthode sûre pour explorer les phénomènes généraux du monde organisé, dont l'homme fait partie, où il occupe la place la plus élevée, mais où il y a pourtant quelque chose à côté de lui.

Si l'on médite sur les caractères particuliers de la matière inerte et de celle qui est organisée, on saisira aisément un trait de dissemblance frappant par son universalité : la substance inorganique est indépendante du temps, la substance organique en est dépendante; elle en est, comme diraient les géomètres, une fonction,

c'est-à-dire que le mouvement du temps y développe des variations continues. Le minéral ne change jamais, il est aujourd'hui ce qu'il était hier, ce qu'il était il y a des siècles. Sans doute des agents extérieurs chimiques et physiques peuvent l'altérer, le décomposer ; mais il ne porte point en lui-même une cause d'altération, et en ce sens il n'est point une fonction du temps. Cette inertie, ce défaut de variation ôte aux objets pris dans le règne inorganique tout caractère d'individualité. Un cristal n'est point un individu : il jouit bien de formes spéciales, mais les limites n'ont ici rien de fixe et de déterminé. Ce cristal peut être considéré comme l'agrégat d'une infinité de petits cristaux semblables, je puis le décomposer à l'infini, et dans chaque partie retrouver les propriétés fondamentales du tout.

L'être organisé au contraire, par cela même qu'il se modifie dans le temps, jouit d'une certaine individualité qui s'attache à l'ensemble des organismes auxquels le temps imprime des changements ; chacune de ses molécules est indestructible isolément, mais leur ensemble changeant constitue un petit monde qui est l'individu. On ne peut comprendre une variation sans une force qui la produise : toutes les variations de l'être organisé doivent donc être rapportées à des forces corrélatives ; mais ces variations sont de plus d'une espèce. Prenez l'homme : s'il change d'heure en heure et d'instant en instant, c'est d'abord parce qu'il est organisé ; mais il a ce caractère en commun avec tous les autres animaux et tous les végétaux. Il y a une certaine vie végétative répandue dans tout le monde, dont il prend sa part, et qui représente un certain ordre de variations dans le corps humain.

A côté de ces variations, on en observe d'autres. L'homme n'est pas attaché au sol comme la plante : il a une vie de relation et des organes qui en sont les instruments. Les actes de sa vie animale ne sont pas arbitraires, ils sont déterminés par l'espèce à

laquelle il appartient. Quelle est la force qui le tient soumis aux exigences de l'espèce et l'obligera à en perpétuer le type? C'est l'instinct. Enfin le cercle de l'activité personnelle et libre est rempli par une force qui constitue l'individualité, et qui est l'âme par excellence. L'âme de la plante ne renferme que les forces destinées au développement de la vie végétative, l'âme de la bête contient, avec celle de la plante, des forces d'une espèce nouvelle; l'âme de l'homme renferme à la fois l'âme de la plante, l'âme de la bête, et une âme douée des plus hautes facultés intellectuelles. Je ne veux pas attacher plus d'importance qu'il ne faut à ces mots : âme de la plante, âme de la bête, si peu susceptibles d'une définition rigoureuse. Ce qu'il importe seulement de bien comprendre, c'est qu'il y a dans les forces auxquelles est soumis notre être une hiérarchie ordonnée. Stahl et les animistes vont trop loin quand ils placent les manifestations de l'âme, qui sont accompagnées de conscience, sur le même rang que la force organisatrice qui se manifeste d'après une nécessité aveugle. Les premières nous caractérisent comme individus et nous distinguent de tout le reste de la création, la seconde ne nous appartient pas en propre, et n'agit en nous que comme elle agit autour de nous. « La conscience, dit Müller, manque aux végétaux avec le système nerveux, et cependant il y a chez eux une force d'organisation agissant d'après le prototype de chaque plante. » La conscience, qui ne donne lieu à aucun produit organique et ne forme que des idées, est un résultat tardif du développement lui-même, et elle est liée à un organe dont son intégrité dépend, tandis que le premier mobile de toute organisation harmonique continue d'agir jusque sur le monstre privé d'encéphale. L'âme, en tant qu'elle n'est que la force d'organisation, se manifestant d'après des lois rationnelles, doit donc être soigneusement distinguée de l'âme qui crée les idées avec intention et conscience. Cette simple distinc-

tion n'est même pas suffisante : la psychologie ne fera vraiment de progrès qu'autant qu'elle s'efforcera de faire une analyse complète de l'âme, comme les chimistes ont fait l'analyse de la matière. Il reste à démêler dans l'homme la part de l'âme libre et consciente et la part de l'espèce, car nous ne sommes pas seulement des agents individuels, nous faisons partie d'une vaste collection d'êtres formés sur un même type, notre histoire se mêle à leur histoire, nous héritons du passé de l'humanité, et nous transmettons notre legs à l'avenir. Outre l'individu, outre l'homme, il y a en nous la bête, le végétal, et, au-dessous de tout cela encore, l'être déjà soustrait à l'inertie physique, mais encore sans forme et indéterminé.

Une pareille analyse a de quoi tenter les philosophes autant que les physiologistes : les forces qui tiennent notre être en suspens sont sans cesse en lutte ; c'est à ce point de vue qu'il faut étudier les étranges phénomènes du sommeil, de la folie, de la monomanie, de la mort elle-même. Dans chacune de ces phases, l'équilibre est différent. Dans l'état de sommeil, nous ne vivons plus en quelque sorte que de la vie végétative, et peut-être encore de la vie de l'espèce, car certains instincts de l'espèce ne sont pas endormis. Le rêve, qu'on a quelquefois regardé à tort comme l'essor le plus libre de l'âme, le rêve fuit l'abstraction et l'idéal, et s'attache principalement aux images et aux objets concrets : l'âme pensante y laisse la place à l'âme sentante. La monomanie et la folie sont en un sens le contraire du sommeil : la vie de l'espèce s'y trouve sacrifiée, tous ses besoins y sont oubliés, la sympathie qui dans l'ordre naturel s'attache aux autres membres de l'espèce est étouffée ou du moins amortie ; l'individualité triomphe et cherche par tous les moyens à satisfaire son idée fixe, ou furieuse ou patiente. L'âme, en cet état de défiance, entêtée, solitaire, devient parfois si indépendante de la force organisatrice, qu'elle fait volontiers le

sacrifice de tous les instincts et arrive jusqu'à surmonter l'horreur naturelle de la mort. La plupart des médecins n'en doutent plus : le suicide est presque toujours l'effet d'une monomanie. Oublieux de tout, obsédé par une idée unique qui devient tout son monde, qui borne inflexiblement tous les horizons de sa pensée, qu'il aperçoit partout comme une hydre aux têtes renaissantes, le malheureux atteint de cette sombre folie se fuit en vain lui-même et demande enfin à la mort un repos qu'il ne peut trouver nulle part. Une blessure trop vive faite aux instincts de l'espèce, surtout aux instincts affectifs, détruit aussi tout l'équilibre de l'être humain, enlève à l'individualité toute énergie, la prive même de la triste puissance de manifester, de formuler la douleur, et plonge l'homme dans cet état qu'on nomme mélancolie, tombeau où il s'enterre encore vivant. Dans la maladie qu'on nomme la *manie ratiocinante*, certains instincts de l'espèce sont dans un état complet d'aberration, tandis que l'individu conserve encore toute la faculté du jugement et du raisonnement. Si les médecins étaient des philosophes, ou si les philosophes étaient des médecins, que d'observations précieuses ne posséderions-nous pas sur ces étranges phénomènes ! L'analyse la plus détaillée que j'en connaisse est renfermée dans *les Maladies de l'âme humaine*, ouvrage du physiologiste allemand Schubert, qui fut autrefois un des professeurs de M<sup>me</sup> la duchesse d'Orléans, et resta ensuite en correspondance avec cette éminente princesse. Il avait compris que la maladie, en interrompant l'équilibre des forces qui travaillent harmonieusement pendant la santé, nous éclaire infiniment sur les rapports de l'âme et du corps : c'est ainsi qu'une montre brisée laisse mieux voir le mécanisme qui la mettait en mouvement.

Au lieu de se placer de plain-pied dans l'âme comme dans un centre, on peut s'en approcher par degrés et en parcourir tous les cercles ; au lieu de poser l'homme comme le sujet immédiat

de la philosophie, partons du monde extérieur, inerte, livré aux forces physiques et chimiques : qu'en voyons-nous sortir? Un autre monde où les formes s'individualisent, et dont la mobilité continuelle atteste la présence de nouveaux agents : minéraux, plantes, animaux, s'en détachent et nous apparaissent comme les degrés d'évolution de plus en plus élevés de la nature. Et l'homme? Il se montre au sommet de cette vaste série, espèce parmi les espèces, individu dans son espèce. Mais entre l'espèce et l'individu n'y aurait-il pas encore quelque chose? Entre le type humain tel qu'il peut se définir anatomiquement et ce même type tel qu'il se manifeste dans chacun de nous en tant qu'agent libre et isolé, ne reste-t-il pas une lacune? Oui sans doute, et cette lacune est comblée par l'histoire même du genre humain, car nous appartenons à des races, à des variétés humaines, et nous recevons tous l'héritage d'un long passé; nous avons, s'il est permis d'employer cette expression, une âme historique, nous sommes l'un des anneaux d'une longue chaîne. L'âme individuelle jette une note plus ou moins sonore; mais cette note entre dans l'harmonie d'un concert et se mêle à un chant qui sans cesse grandit et se développe.

Les Allemands, également épris de la métaphysique et des sciences d'érudition, ont toujours su faire à celles-ci leur part dans leurs grandes constructions philosophiques; ils ont cherché, pour employer leurs expressions favorites, l'être dans le devenir, le devenir dans l'être. Il n'est pas un seul des grands penseurs allemands de notre époque qui ne soit préoccupé de saisir le développement d'une idée rationnelle dans le mouvement de l'histoire et dans la succession des diverses civilisations qui ont pris successivement sur notre terre le spectre de la pensée humaine. Hegel sans aucun doute a débuté par la logique, c'est-à-dire par la métaphysique; mais il s'est immédiatement occupé de chercher l'application des lois de sa logique et dans le monde de la matière

et dans celui de l'esprit, c'est-à-dire dans la nature et dans l'histoire. L'avidité avec laquelle le public a dans notre pays accueilli les travaux de cette critique où l'histoire contrôle la philosophie montre que l'esprit français n'est pas aussi rebelle qu'on pourrait le croire à des considérations qu'on s'imagine parfois condamner sans appel, lorsqu'on les relègue parmi les rêveries germaniques. Quelle différence dans les temps ! Au siècle dernier on applaudissait aux spirituelles plaisanteries de Voltaire sur la Bible ; aujourd'hui l'on étudie les œuvres les plus austères de l'exégèse. Le monde homérique est mieux connu de nous qu'il ne l'était des Romains, tant l'érudition a pénétré profondément dans l'étude des monuments de la civilisation grecque. En nous retournant vers le passé, nous voyons s'ouvrir de toutes parts des avenues que l'ignorance et le fanatisme religieux avaient longtemps fermées, mais au bout desquelles brillent les trésors intellectuels les plus précieux.

Si grandes que soient encore les découvertes qu'il reste à faire, il est un principe dont on peut dès à présent s'emparer : l'humanité n'a pas toujours été exactement semblable à elle-même ; les idées qui constituent notre patrimoine le plus précieux ont eu leur histoire ; les civilisations, qui ne sont autre chose que l'ensemble des idées dominantes à une certaine époque et dans un certain pays, n'ont pas été les copies serviles les unes des autres ; la flamme de l'esprit s'est déplacée, mais en même temps elle a grandi. Cette âme historique, dont les premiers mouvements, les manifestations les plus spontanées, demeurent encore perdus dans les ténèbres du passé, s'est développée d'âge en âge, de nation à nation ; elle ne s'est jamais fixée définitivement sur une esthétique, une philosophie, une religion particulière. Heureux ceux qui peuvent assister à une de ces floraisons de l'esprit humain durant lesquelles l'art, la foi, la science, tout se renouvelle ; les

Âmes, poussées par un vent favorable, suivent alors des rives nouvelles, et le monde semble se colorer d'une lumière plus vive. Ces beaux transports ne peuvent toujours durer, mais ils ne sont point perdus. Rien ne s'égare, rien n'est inutile. L'impulsion ici donnée se propage ailleurs, s'étend, jamais ne s'arrête. Il n'est point d'astronome qui ne porte en lui Newton. La civilisation grecque n'a pas péri, elle remplit encore tout le monde civilisé. Qui n'est païen devant la Vénus de Milo ou les médailles de la Grande-Grèce? Homère revit dans chacun de ses lecteurs. Platon n'est pas mort, il ne mourra jamais. Elle retentit encore et retentira à travers tous les siècles, cette parole grave et douce qui, dans le sermon sur la montagne, donnait des consolations aux faibles, aux simples, aux opprimés. Qui n'en est ému, comme s'il l'entendait sortir des lèvres saintes d'où elle tombait?

On peut craindre que la critique et l'érudition ne fassent dans l'homme une part trop grande à l'âme ethnologique ou historique, et ne rétrécisse trop le domaine de l'individualité. Il y a là sans aucun doute une mesure difficile à trouver; mais ce danger ne saurait nous aveugler sur l'existence dans l'âme d'un élément qui représente l'action générale de l'humanité sur chaque individu, suivant les temps, les lieux et les circonstances. Ne nions pas la liberté de l'homme, mais comprenons que la liberté elle-même ne se conçoit pas sans des luttes et des résistances, et nul effort n'est plus méritoire que celui qui s'exerce au nom d'une volonté personnelle contre la tyrannie que veulent nous imposer l'opinion, la tradition, la coutume, le bon sens, qui n'est autre chose que la raison de l'âme historique. Qui ne sait que ce sont là les forces les plus difficiles à vaincre, parce qu'elles trouvent des auxiliaires puissants en nous-mêmes? Nous voulons respirer l'air de la liberté, mais nos poumons sont accoutumés à l'atmosphère du siècle, de la nation, de la famille, d'une coterie. Le héros digne de

ce nom est celui qui étouffe en lui-même, pour n'écouter que la voix de la vérité, toutes ces voix caressantes ou irritées qui lui disent de mentir, de ne pas se mettre en dehors des courants qui entraînent la multitude et conduisent aux succès faciles. Est-ce donc diminuer la part de la grandeur morale que d'avouer combien sont lourds et résistants les obstacles dont elle doit triompher? L'homme sans doute est libre; mais y a-t-il donc tant d'hommes libres? Les foules font-elles autre chose que d'obéir à cette âme collective qui parle en chacun de nous? Beaucoup même n'ont pas besoin d'écouter cette voix, et, ne réclamant aucune part dans la vie historique de l'humanité, se laissent vivre d'une vie purement animale. Les défenseurs les plus décidés de la liberté humaine ne doivent pas méconnaître cette force qui nous rive à nos contemporains et à nos aïeux par le sang, les liens physiques, les influences morales, religieuses et sociales. Nationalité, patriotisme, que sont-ils autre chose que les formes les plus nobles de cette puissance qui nous saisit dès le berceau et étouffe si souvent en nous la voix de la vérité et de la raison?

L'âme historique est, on peut le dire, l'âme humaine par excellence; les animaux n'ont pas d'histoire, et l'âme des bêtes est une âme purement spécifique. Les instincts s'y perpétuent sans s'altérer; les individus ne semblent nés que pour conserver un type et pour occuper une place dans un tableau. Quelques espèces, il est vrai, ont disparu après avoir longtemps vécu; mais ont-elles pour cela une histoire? On ne peut en dire rien d'autre, sinon qu'elles ont été et qu'elles ne sont plus. N'est-ce pas faire injure à notre dignité que de comparer le renouvellement monotone des phénomènes du règne animal au drame de l'histoire, où les races, les nations, les époques expriment des idées, des passions, des aspirations toujours nouvelles? L'âme qui parle dans l'histoire est pour ainsi dire la mer qui porte l'âme personnelle, individuelle et

libre, mer qui a ses tempêtes et ses calmes, ses courants et ses écueils. Notre liberté consiste à y chercher notre chemin en prenant pour phare et pour pôle les lumières idéales de l'esprit. Que le flot nous repousse ou qu'il nous favorise, que nous avançons ou que nous reculions, notre œil doit rester fixé sur le but; notre gloire n'est pas dans le succès, mais dans l'effort.

Le problème de l'âme a de tout temps été l'objet principal de la métaphysique; mais, on le voit, il se pose aussi en face de la science, quand, s'élevant par degrés au-dessus des lois qui régissent l'ensemble du monde, elle aborde l'étude des êtres organisés, et enfin celle de l'homme et de la grande famille humaine. Une transition simple et naturelle fait passer l'esprit du monde inorganique au monde organisé, de la pierre au végétal, du végétal à l'animal, de l'animal à notre propre espèce. Toutefois la métaphysique et la science emploient des méthodes différentes : la première envisage l'âme comme un tout indivisible, comme une entité idéale qui se suffit à elle-même, et se passe du monde extérieur; la science au contraire cherche à en faire l'analyse, l'envisage sous des faces diverses, l'étudie par le dehors et dans ses rapports avec l'ensemble de la création. Il n'est pour ainsi dire aucune branche des connaissances humaines qui ne fournisse quelque élément à cette curieuse analyse : n'est-il pas temps que la métaphysique puise enfin dans les trésors accumulés par la physique, la chimie, la physiologie, la zoologie, l'ethnologie, l'histoire? Une science supérieure, générale, qui comprendrait à la fois les sciences naturelles et les sciences historiques, pourrait devenir la base solide d'une philosophie dont les doctrines, établies à *posteriori* et non préconçues comme celles de la vieille métaphysique, seraient le résumé de tous les événements, de tous les rapports, de toutes les lois dont ce monde est l'expression à la fois permanente et éphémère, toujours ancienne et toujours nouvelle.

Sans doute une pareille science restera toujours inachevée; mais quelle doctrine pourrait tenir l'esprit humain au repos? Accuser l'érudition et la science de ne fournir que des solutions incomplètes, c'est un reproche qu'on peut aisément retourner contre la philosophie spéculative : combien n'a-t-elle pas déjà élevé d'édifices qu'elle déclarait immortels et dont nous n'apercevons plus que les ruines! Au lieu de flotter sans cesse entre les systèmes les plus opposés, depuis le matérialisme le plus brutal jusqu'à l'idéalisme le plus insaisissable, qu'elle s'allie de bonne foi à la science et assoie enfin les croyances humaines, non sur une certitude absolue (elle n'est pas à notre portée), mais sur une certitude relative, appuyée sur un ensemble de lois de plus en plus compréhensives. Des tentatives récentes montrent que des esprits distingués sont tout prêts à signer cette alliance. Des deux parts, on y trouvera des avantages : la science ne perd rien de sa rigueur quand elle assigne à ses recherches un but élevé et général; la philosophie éclaire le problème de l'âme, quand elle demande à la physiologie pourquoi les phénomènes de la vie ne peuvent s'expliquer par le simple jeu des forces physiques et chimiques, à la zoologie quelle est la nature de l'instinct, à la médecine quel rôle appartient au corps dans les maladies de l'âme, à l'âme dans celles du corps; quand elle interroge l'ethnologie afin d'apprendre en quoi les races diffèrent les unes des autres, l'histoire et l'érudition pour savoir de quelle façon les idées ont pris naissance et se sont développées dans le monde et la succession des temps.

La véritable analyse de l'âme n'est-elle pas toute dans une semblable étude? N'y a-t-il pas un principe immatériel en action dans le *cosmos*, dans la plante, dans la bête, dans l'homme? Comme des cercles de plus en plus étroits convergent vers un centre commun, ainsi toutes les forces que nous voyons en jeu dans le monde, sur la terre, dans les groupes des êtres organisés, se concentrent dans

l'âme humaine comme dans un foyer. Il y a en nous plusieurs idées qui nous déterminent, l'une comme être organisé, l'autre comme animal, une autre comme homme; ces idées ont une résultante unique, qui n'est autre que l'âme. C'est ce qu'ont bien compris les animistes; seulement l'âme, telle qu'ils la définissent, possède toutes ces idées en propre, elle les crée, elle tire tout de son propre fonds. L'âme de Stahl bâtit jusqu'à ses organes, donne au corps la forme qui fixe le genre et l'espèce. Résoudre la question de l'âme dans ces termes, c'est trop sacrifier le général à l'individuel et méconnaître l'essence du principe idéal répandu dans le monde. Tout ce qui dans l'univers infini est une fonction du temps, tout ce qui a une histoire ne peut être que le développement extérieur d'une loi, d'une idée divine : exclu de l'infini dans le temps, ce qui revêt une forme ou une vie passagère y rentre par la pensée. L'espèce animale est éphémère, elle a un but et une fin; elle pense ses propres lois dans ce que nous appelons l'instinct. Cette conscience collective se retrouve dans l'homme en tant qu'il appartient à une espèce animale particulière; mais ne sent-on pas aisément que cette force spécifique, répartie entre des millions d'individus, n'appartient pas en propre à l'âme, comme le prétendent les stahliens? C'est quelque chose qui s'impose à nous et nous vient du dehors. Comment appeler cet autre sentiment qui nous anime en notre simple qualité d'êtres vivants, appartenant à la création organique de notre planète, création qui a eu son commencement et qui aura sa fin? Il ne faut rien dédaigner dans notre être intérieur : si ces manifestations sourdes et obscures de la vie n'éveillent pas en nous le phénomène de la conscience, elles n'en sont pas moins nécessaires; elles sont la base, le fondement sur lesquels l'esprit personnel et libre élève son édifice hardi.

Il n'y a pourtant pas de doute que l'attention du penseur se

portera toujours avec prédilection sur cette partie de nous-mêmes qui nous rattache directement à la vie de l'humanité et sur celle qui limite la libre personnalité, sur l'âme historique et sur ce que j'appellerai l'âme individuelle. Comment s'en étonner? C'est dans ce domaine que s'agitent nos intérêts les plus chers et les plus pressants; la curiosité y devient de l'émotion, le doute de l'inquiétude. Nous cherchons le redoutable secret de notre sort en remontant le flot de l'histoire et en descendant dans les abîmes de notre propre pensée. Nous sentons que toute notre grandeur est dans la raison et dans la liberté. Les triomphes du génie, le noble spectacle du droit en lutte contre la force, les élans et les transports de l'âme religieuse, le drame humain en un mot, voilà ce qui enchaînera toujours le plus fortement notre esprit; mais dans son silence et sa majesté le monde a aussi quelque chose à nous apprendre. Sous les innombrables spectacles qu'il nous montre, nous trouvons aussi une pensée. Pour nous bien comprendre nous-mêmes, il faut que nous comprenions également ce qui est en dehors de nous. Quand nous avons reconnu ou du moins deviné les lois, les idées divines auxquelles les corps servent d'expression, nous pouvons porter un regard plus ferme sur notre destinée et notre avenir. Nous devons reconnaître l'immortalité de notre substance matérielle, parce qu'aucune des molécules qui la composent ne peut périr; mais nous savons que ces éléments, aujourd'hui réunis dans le microcosme humain, doivent se dissocier et retomber dans l'inertie inorganique. Immortels dans notre chair, nous le sommes également dans notre âme, parce que chacune des idées qu'elle résume émane de la pensée divine. La création organique peut disparaître sur notre planète glacée par le refroidissement, l'espèce peut être anéantie et succomber dans sa lutte contre d'autres espèces, des peuples ont péri sans laisser d'histoire, les individus succom-

bent par milliers chaque jour ; mais une pensée se développe à travers ces événements : Dieu vit dans le temps, dans la création, dans l'histoire, dans l'homme. Ce qui en nous est divin ne peut périr ; notre individualité seule, c'est-à-dire notre forme passagère, doit s'évanouir. Le vase se brisera, mais le parfum qu'il recèle conservera toute sa force. Nous rêvons, nous désirons ardemment l'immortalité sous notre figure actuelle, parce que notre imagination, enchaînée par les sens, est impuissante à la concevoir autrement. Cette soif de l'infini est le plus beau privilège de notre nature. Sans doute il est inutile de chercher à pénétrer les mystères de l'avenir ; nous ne saurons jamais rien sur ce monde d'où, comme dit le poète anglais, nul voyageur n'est jamais revenu. Étudions-nous toutefois dans le présent, analysons notre âme, comprenons nos devoirs envers la création animée, envers notre espèce, notre temps, notre pays et envers nous-mêmes. Notre tâche achevée, nous n'aurons plus, suivant une expression restée grande dans sa banalité apparente, qu'à remettre notre âme à Dieu.

FIN.













