

CH. SAUERWEIN

Histoire de la Terre

Origine de la terre. — Le travail de l'écorce terrestre. — L'évolution de la surface de la terre par époques géologiques. — Ères primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire. — Apparition de l'homme. — L'Océanographie.

ENCYCLOPÉDIE
D'ENSEIGNEMENT
POPULAIRE SUPÉRIEUR



— J. M. LAHY, DIRECTEUR —

Schleicher Frères.





HISTOIRE DE LA TERRE

ENCYCLOPÉDIE D'ENSEIGNEMENT POPULAIRE SUPÉRIEUR

Publiée sous la direction de J.-M. LAHY

HISTOIRE

DE

LA TERRE

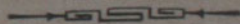
PAR

CH. SAUERWEIN

Docteur ès-Sciences

Chargé de Conférences à la Sorbonne

Professeur à l'Institut Océanographique



PARIS

LIBRAIRIE C. REINWALD

SCHLEICHER FRÈRES, ÉDITEURS

61, RUE DES SAINTS-PÈRES, 61

Tous droits réservés.

INTRODUCTION

Dans le précédent ouvrage : *l'Évolution des Mondes*, il a été montré comment on peut concevoir, sans faire intervenir l'idée de création, la manière dont se forment les mondes. Les idées générales exposées dans le premier volume de *l'Encyclopédie d'enseignement populaire supérieur* sont vraies avec la même rigueur pour ce qui concerne l'Histoire de la Terre; et tout notre effort tendra à le démontrer.

Malgré les proportions très modestes de ce petit ouvrage, l'auteur ne s'est jamais départi du but de toute œuvre de science, qui est d'appliquer la méthode scientifique dans tous les cas, et de ne rien affirmer qui ne soit une donnée de l'expérience ou une hypothèse reposant exclusivement sur ces données. Le lecteur s'étonnera peut-être de nous voir d'accord sur ce point avec quelques savants déistes (1); nous le serons toutes les fois qu'ils appliqueront nos méthodes, mais nous nous séparerons d'eux dès qu'ils abandonneront le terrain solide de la science pour se lancer sur celui des affirmations métaphysiques.

(1) On nomme souvent spiritualistes, ceux qui pensent que l'esprit est indépendant, quant à ses manifestations, à sa nature et à sa cause, de la matière. Le mot spiritualiste est trop général pour s'appliquer en ce cas. Les philosophes qui ne conçoivent l'esprit que comme une modalité de la matière ont aussi le droit de revendiquer le titre de spiritualistes. Il est certain que Renan donnait cette signification au mot spiritualiste lorsqu'il disait dans *La Prière sur l'Acropole*; (*Souvenirs d'Enfance*, Paris, Calmann Lévy, 1883, p. 68) « Fais de nous des spiritualistes accomplis ». Nous avons tenu à éviter toute ambiguïté en employant le mot plus précis de déistes.

En se basant sur la seule constatation des faits on s'aperçoit vite que, pour concevoir l'univers dans son ensemble, il suffit de réunir ces faits et de les présenter en une vue synthétique à l'esprit. On est ainsi amené à conclure que tout s'enchaîne, que tout évolue, que rien ne se perd ni ne se crée, partant, que l'idée de création est inconciliable avec la science. Le lecteur jugera.

Dans cette étude de « l'Histoire de la Terre » nous rappellerons brièvement comment la Terre s'est formée et quelles sont ses plus lointaines origines. Il nous suffira pour cela d'exposer le système de Laplace, hypothèse sans doute, mais que tous les faits d'expérience actuellement possibles confirment. Nous montrerons ensuite le travail continu de l'écorce terrestre, modifiée sans cesse par l'action d'agents multiples qui en changent l'aspect et jusqu'aux conditions d'habitabilité. La géologie nous permettra de pénétrer plus avant, dans les couches profondes de cette écorce et d'y lire — si je puis dire — l'histoire des étapes par lesquelles notre globe a passé, depuis ses origines jusqu'à nos jours. A ces études géologiques se rattachera parallèlement l'histoire des êtres vivants, puisque, aux diverses périodes de formation de l'écorce nous trouvons les preuves matérielles des lentes transformations des êtres qui ont donné naissance à l'homme.

Enfin, il nous a semblé utile d'ajouter, en appendice, quelques brefs aperçus sur une science naissante qui apporte déjà un précieux concours à la géologie : l'océanographie.

Cet ouvrage, lié au précédent qui le prépare et l'explique, s'enchaîne au suivant par les indications qu'il donne sur les premières formes de la vie. Ce plan, imposé par les faits eux-mêmes, montre à lui seul que tous les phénomènes s'enchaînent et qu'il est factice de traiter l'un d'eux sans le rattacher aux autres. Toute science spéciale vaut par sa méthode, mais, isolée, elle est insuffisante pour nous faire concevoir les phénomènes qui dépassent le champ de ses investigations.

Nous aurions désiré faire précéder cette étude d'un aperçu historique des idées que l'homme s'est faites sur la forme, la nature, l'origine de la Terre, afin de tirer de l'évolution de ces idées un enseignement philosophique. Nous ne le pouvons, faute de place; aussi renvoyons-nous le lecteur au récent ouvrage de M. de Launay (1) *l'Histoire de la Terre*, et, pour l'exposition plus complète et très illustrée de ces théories, à l'ouvrage de Krœmer : *l'Univers et l'Humanité* (2).

Nous n'avons pas jugé utile de donner une bibliographie spéciale pour chacun des points traités dans cet ouvrage. Il est très facile et relativement peu coûteux de se constituer une bibliothèque à peu près complète sur ces questions. La géologie est une science dont les cadres sont bien établis. A peu de choses près, les ouvrages qui traitent de ces faits ont le même plan. Il est aisé d'y faire des recherches. Il nous suffira donc de donner — sauf pour les travaux spéciaux récents et pour les parties remarquables des traités classiques, — une bibliographie générale raisonnée à la fin de notre ouvrage.

J. M. L.

(1) DE LAUNAY : *Histoire de la Terre*. Bibliothèque de Philosophie scientifique. Paris, Flammarion, 1906, 1 vol. 312 pages. Voir : Chapitre 1 : Histoire des théories géologiques. P. 1 à 37.

(2) KRÖMER : *l'Univers et l'Humanité*, traduction française. Paris. 1906 : 5 vol. voir vol. I. P. 1 sqq.

PRÉFACE

L'étude générale de la formation, de la constitution et de l'évolution de notre planète nécessiterait une œuvre immense et demanderait le concours de toutes les sciences humaines.

Notre tâche est plus modeste. Nous avons voulu, dans ce petit livre, résumer les grandes lignes des connaissances acquises par les efforts des siècles et, avant tout, indiquer les méthodes qui permettront, si tel point spécial intéresse, de l'étudier, non plus comme une connaissance isolée, mais comme une partie d'un tout auquel viennent aboutir toutes les forces intelligentes de l'homme mises au service des sciences.

Nous ne prétendons pas posséder une vérité scientifique immuable, à opposer aux dogmes. En science, il n'y a pas de vérités immuables. Il y a des vérités provisoires, basées sur des connaissances acquises, des hypothèses vérifiables par l'expérience, et il y a des lois qui permettent de connaître les rapports de causes à effets. Ces lois mêmes sont des vérités actuelles, que chaque expérience nouvelle peut modifier, et qui ont le mérite de pouvoir être reconnues fausses un jour, sans

que leur utilité présente puisse souffrir de l'incertitude où nous sommes de leur exactitude future.

Car les étapes successives des sciences marquent pour chacune d'elles la marche progressive de l'humanité vers la connaissance de la vérité. Et s'il nous est possible d'entrevoir aujourd'hui que cette vérité est *une* nous ne l'affirmerons jamais que sous cette forme : Tout se passe comme si ce que nous affirmons était la « Vérité ».

Il fut un temps, dans l'histoire des sciences, où des hommes, enivrés par une liberté chèrement conquise sur la tyrannie des révélations divines, las d'adorer un Dieu trop lointain, ont tenté de créer une Divinité nouvelle : *la Science*.

Cette « Nouvelle idole », les hommes de science ont dû la briser, elle aussi.

Il n'existe pas une « Science » qui par la seule vertu de son nom puisse apporter à l'Humanité anxieuse de son origine et de sa fin, les explications définitives si longtemps attendues. Il existe des sciences, c'est-à-dire des chemins tracés par la raison humaine à travers l'« Inconnu » vers la « Vérité »

Et ainsi il devient impossible d'opposer au dogme la science et de proclamer la faillite de la science de ce qu'elle n'a pu établir d'une manière définitive les révélations que le dogme impose à la crédulité. Lorsque la nature refuse de répondre à une question que lui pose l'intelligence humaine, le savant s'incline et dit : « Je ne sais pas ». Et son ignorance ainsi confessée est un hommage à la « Vérité ».

Pour le croyant, tout ce qu'il ne comprend pas est Dieu, et ce Dieu garde jalousement son empire d'ignorance que des prêtres zélés défendent comme un patrimoine. Pour eux, toute conquête de l'esprit

humain se fait aux dépens du domaine divin : la science des hommes est un crime.

Mais les sciences modernes avec leurs méthodes précises avancent sûrement. L'expérience seule les guide et il n'y a plus, de nos jours, une seule autorité capable de révoquer en doute la puissance de leurs résultats. L'effort des hommes saura percer les ténèbres de l'ignorance car l'ignorance n'est pas une force : elle est une abdication de la pensée devant l'effort nécessaire.

CHARLES SAUERWEIN.



HISTOIRE DE LA TERRE

PREMIÈRE PARTIE

L'ORIGINE DE LA TERRE

La terre que nous foulons n'a pas eu, à l'origine des temps, la forme d'un globe solide que nous lui voyons aujourd'hui.

Quelles sont les origines de la terre ? C'est un des plus graves problèmes que l'homme ait eu à se poser et dont son esprit a toujours cherché une solution. Cette solution, on l'a successivement cherchée dans des directions diverses, et l'imagination n'a longtemps eu recours qu'à la légende. Il était réservé au génie de Laplace d'indiquer, pour la première fois, la solution la plus rationnelle que l'esprit humain ait pu trouver à ce sujet.

Nous pensons qu'il est préférable de passer par-dessus tous les intermédiaires et, étant donné que nous exposons les idées modernes de la science sur l'origine de la terre, qu'il vaut mieux ne pas s'attarder aux faits qui ont servi de base pour l'établissement de cette théorie, mais qu'il y a lieu de la présenter telle quelle, si l'on considère que son caractère actuel de vraisemblance lui donne un caractère de certitude scientifique qui en fait une véritable doctrine.

Nous rappellerons donc au début de ce volume la théorie de Laplace telle qu'elle est acceptée de nos jours.

Au début, l'espace infini était rempli d'une matière que l'on appelle la *matière cosmique*. Cette matière ténue et très diluée remplissait le monde entier et nous en avons encore, actuellement, dans l'univers sidéral, des exemples dans ces corps célestes que l'on appelle des *nébuleuses*. Si l'on examine, en effet, le ciel à l'aide d'une lunette astronomique, on constate, qu'indépendamment des points brillants que l'on appelle des étoiles et qui sont des centres d'émission de lumière et de chaleur, il existe des régions moins brillantes, d'aspect plus « laiteux » mais qui, cependant, se distinguent des étoiles et forment des conglo-mérats nettement définis au milieu de l'espace.

Ces conglo-mérats ont des formes variées; les uns se présentent comme des taches laiteuses à bords estompés, les autres ont une forme mieux définie qui se rapproche davantage de la forme sphéroïdale, d'autres, enfin, montrent nettement un noyau central entouré d'une sorte d'anneau, anneau nébuleux comme le noyau lui-même; de plus, à travers le ciel, s'étend une immense bande ayant également cet aspect laiteux et que l'on appelle pour cela la « *Voie lactée* ». Ces agglomérats laiteux, cette voie lactée sont ce qu'on appelle des *nébuleuses*, et c'est à l'illustre astronome Herschel, qui, organisiste d'abord, s'est mis à construire des instruments d'optique, à réaliser ensuite le plus puissant télescope de son époque et est devenu l'un des fondateurs de l'astronomie moderne, c'est à Herschel que l'on doit la découverte et la définition de presque tous ces phénomènes célestes. Herschel découvrit à lui seul 2.500 nébuleuses.

L'aspect que présentent ces corps célestes avait frappé Laplace. Il pensait que ces différents aspects

n'étaient pas simplement dûs au hasard mais représentaient des états successifs de la matière cosmique, absolument comme quand on examine, dans une forêt, des arbres de tailles diverses; quoique les uns soient à des états de développement très différents des autres, on est cependant amené, fatalement, à y retrouver les évolutions successives d'un même individu.

Dans ces conditions, Laplace fut amené à supposer que le système solaire était aussi une nébuleuse, c'est-à-dire que notre soleil central autour duquel gravite un cortège de planètes était simplement l'état actuel d'une nébuleuse primordiale, dont les différentes parties se sont réunies en noyau pour constituer le système solaire dont la terre n'est qu'une planète.

Rien n'est beau comme la série de raisonnements par laquelle Laplace a passé pour arriver à cette magistrale conception. En voici, résumés, les points principaux. Quoique les orbites des planètes soient très différentes les unes des autres, elles ont cependant entre elles des rapports étroits. Ainsi, toutes les planètes se meuvent autour du soleil dans le même sens et presque dans le même plan; les satellites se meuvent autour de leurs planètes dans le même sens et à peu près dans le même plan que les planètes elles-mêmes. Enfin, le soleil lui-même, les planètes et les satellites dont on a observé le mouvement de rotation tournent également sur eux-mêmes dans le même sens et à peu près dans le même plan que celui de leur mouvement de translation.

Et c'est ici qu'apparaît le génie de Laplace. Il s'est dit qu'un phénomène aussi extraordinaire ne pouvait pas être l'effet du hasard et il a calculé la probabilité pour que les 42 mouvements planétaires que l'on connaissait à son époque soient des mouvements directs. Il a trouvé ainsi ce chiffre extraordinaire qu'il y avait plus de *quatre milliards à parier contre*

un que cette disposition n'était point l'effet du hasard. Et cette probabilité, qui était déjà fort belle à l'époque de Laplace, est encore singulièrement augmentée puisqu'il faut ajouter à ces 42 mouvements que l'on connaissait alors celui des 400 petites planètes que l'on appelle planètes télescopiques, car on ne les voit qu'avec le secours des instruments astronomiques, et qui, toutes, tournent dans le même sens et à peu près dans le même plan.

Une probabilité de cet ordre devient une certitude, et on peut donc affirmer, sans crainte de se tromper, qu'une évolution unique a dirigé les mouvements planétaires. Si l'on rapproche de ces résultats l'étude des nébuleuses, on est amené, comme Laplace, à envisager l'hypothèse d'une nébuleuse originale, d'un amas primitif de matières cosmiques animé tout d'un bloc d'un mouvement de rotation.

Remarquons, en même temps, que cette nébuleuse, cette masse de matière cosmique, doit être à la fois animée d'un mouvement de rotation et portée à une haute température. La force est, en effet, une qualité inhérente à la matière, et les récentes découvertes des propriétés du radium et de l'uranium jettent un jour tout à fait nouveau sur cette conception si vraie (1).

On reviendra d'ailleurs sur ce point dans le dernier volume de l'*Encyclopédie*.

Considérons un pareil système placé au milieu de l'espace indéfini et par conséquent froid. L'amas nébuleux, lui, est, au contraire, chaud. Il est tellement chaud que non seulement il est en fusion mais encore qu'il est volatilisé. C'est donc un amas de

(1) Dans une petite brochure de vulgarisation (*le Radium et les nouvelles radiations que faut-il en penser, que faut-il en attendre?* une broch., 80 p., Paris, Librairie Universelle. s. d.) on trouvera ce qu'il est essentiel de connaître sur ces nouvelles découvertes.

corps simples réduits en vapeur qui constituait notre nébuleuse primitive, et cet amas tournait dans un espace extrêmement froid. Par conséquent, en présence de cet espace froid, il a fait ce que fait tout corps chaud dans l'atmosphère ambiante, il s'est refroidi et comme, d'autre part, on sait que tout corps en se refroidissant diminue de dimension, alors qu'inversement, quand il s'échauffe, il se dilate, non seulement la nébuleuse primitive s'est refroidie graduellement mais encore elle s'est contractée et ses dimensions ont diminué.

A mesure que ses dimensions diminuaient, la vitesse de rotation du système augmentait, et ici il importe de bien se figurer ce petit phénomène de mécanique très connu mais qu'il n'est pas inutile de préciser : quand un corps tourne, que sa masse totale ne change pas, mais que la *répartition* de sa masse autour de l'axe de rotation change, la vitesse de rotation change elle-même. Un exemple bien simple va nous le faire comprendre immédiatement. Prenons un vieux parapluie dont on a ôté l'étoffe, attachons au bout de chaque baleine une petite balle de plomb; ouvrons-le et cherchons à faire tourner sa canne entre le pouce et l'index : si le parapluie est ouvert, nous sentirons une résistance qui provient de ce qu'une partie de la masse du parapluie se trouve, par suite de son ouverture, écartée de la canne qui est son axe de rotation; mais si, au contraire, nous fermons le même parapluie, sa masse totale n'a pas changé, seulement les molécules sont plus rapprochées de l'axe et nous le ferons tourner sans la moindre difficulté.

C'est exactement ce qui s'est passé au fur et à mesure de la contraction de la nébuleuse solaire par refroidissement : plus elle se refroidissait, plus sa masse se rapprochait de l'axe et, par conséquent, plus sa vitesse augmentait. Mais alors intervient une

cause primordiale dans l'explication de l'origine du monde : c'est la *force centrifuge*, la force qui fait que toutes les fois qu'un corps possède un mouvement de rotation, les molécules tendent à s'écarter de l'axe par suite même de cette rotation. La fronde en est l'application la plus classique.

Quand la vitesse de rotation de la nébuleuse solaire, par suite de sa contraction, a augmenté suffisamment, la force centrifuge, elle, a augmenté aussi, et elle a augmenté assez pour que les molécules les plus éloignées de l'axe se soient nettement séparées, de sorte qu'il est arrivé une période où toutes ces molécules les plus lointaines, quittant pour jamais la masse initiale dont elles faisaient partie au commencement, se sont réunies en un anneau qui a enveloppé le noyau central sans le toucher, comme l'anneau de la planète Saturne que nous pouvons encore observer aujourd'hui. Mais comme elles étaient, au début, animées de la même vitesse que le noyau, elles ont conservé cette vitesse, c'est-à-dire que l'anneau a continué à tourner après sa séparation dans le même sens que le noyau primitif, avec cette différence que, le noyau central se contractant de plus en plus, verra sa vitesse croître, tandis que celle de l'anneau ne croîtra plus.

Voilà la première évolution de notre système solaire. Au lieu d'une masse unique qui tourne en bloc, nous avons maintenant un noyau central entouré d'une masse annulaire et qui ne le touche plus. Une expérience de physique, à la fois simple et géniale, due au physicien belge Plateau, permet d'ailleurs de reconstituer sur la table d'un laboratoire ce qui s'est passé dans l'infini de l'espace (fig. 1). Pour cela, on prend un vase contenant un mélange d'eau et d'alcool dont, par conséquent, la densité sera plus petite que celle de l'eau et dans ce vase, avec une pipette, on dépose une petite quantité d'huile de vaseline.

Si le mélange d'eau et d'alcool n'a pas la densité voulue, cette petite masse d'huile de vaseline ou bien tombe au fond ou bien vient surnager à la surface. Supposons qu'elle soit tombée au fond, on ajoute alors une petite quantité d'eau de façon à augmenter la densité du mélange jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle de l'huile de vaseline. Alors la goutte d'huile vient flotter et se tenir entre deux eaux sans monter ni descendre. Chose remarquable, *elle prend immédiatement la forme d'une sphère parfaite*, ce qui démontre d'une façon élémentaire pourquoi les corps célestes sont tous sphériques, car ils n'obéissent qu'à

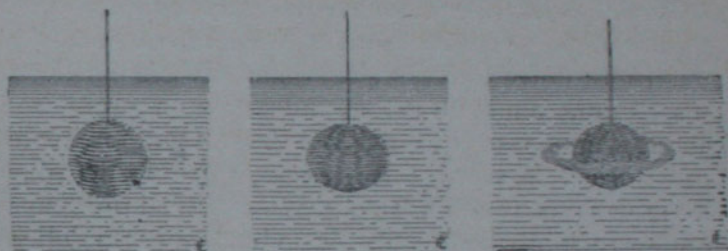


Fig. 1. — Expérience de Plateau.

l'attraction que leurs molécules exercent les unes sur les autres.

Mais ce n'est pas tout. Supposons notre mélange assez exactement titré pour que notre goutte d'huile de vaseline flotte entre deux eaux. Introduisons dans tout le système une aiguille à tricoter, de façon que la petite sphère d'huile de vaseline soit traversée en son milieu et, à l'aide d'une petite poulie et d'une petite manivelle, faisons tourner rapidement cette aiguille. Elle ne tardera pas à entraîner avec elle, par frottement, la goutte d'huile de vaseline qu'elle traverse : on verra cette goutte se mettre à tourner et on pourra observer ainsi les effets successifs de la force centrifuge. D'abord, la goutte ne restera pas sphérique, elle s'aplatira légèrement à

ses deux pôles et se gonflera à son équateur, et si nous augmentons suffisamment la vitesse, nous verrons la matière qui se trouve à l'équateur s'agglomérer en un bourrelet, ce bourrelet se détachera et formera un anneau qui restera, lui aussi, flottant entre deux eaux tout autour de la petite planète que nous avons ainsi formée. Il continuera à tourner tout seul, dans le sens qu'on lui avait donné primitivement, bien qu'il ne soit plus en contact avec l'aiguille à tricoter qui entraîne le système. On a ainsi reconstitué en petit le système formé par la nébuleuse solaire à sa première évolution, celle qui a détaché de sa circonférence un anneau de matière.

La masse primitive de matières cosmiques qui constituait notre univers s'est donc divisée en deux masses dont chacune est moindre que la première. Quand deux masses chaudes se refroidissent en même temps, c'est la plus petite qui se refroidit le plus vite, par conséquent, nos deux masses ainsi obtenues vont se refroidir beaucoup plus vite que lorsqu'elles étaient réunies et ce qui va arriver en premier lieu, c'est le refroidissement de l'anneau.

Mais ici il importe de se rappeler l'état du ciel au milieu duquel se fait le refroidissement. Le ciel n'est pas une surface uniformément noire, il est parsemé de taches brillantes dont chacune représente un de ces soleils lointains qu'on appelle une étoile. Chacune de ces étoiles envoie un peu de chaleur, et, par conséquent, dans leur direction il n'y a pas refroidissement, il n'y a refroidissement que dans les directions où il n'y a pas d'étoiles. Par suite, le refroidissement de l'anneau n'est pas symétrique, et il y a des points de cet anneau qui se refroidiront plus vite que les autres. Il n'est donc pas étonnant qu'il y ait, au bout d'un certain temps, un point de l'anneau qui se soit refroidi plus vite que ses voisins et qui soit devenu à son tour le centre d'un noyau autour

duquel, graduellement, toute la matière de l'anneau, séparée par l'inégalité du refroidissement de ses parties, viendra se réunir. Entraîné par la vitesse primitive, ce nouveau noyau continuera à tourner comme tourne l'ancien anneau mais il a quitté sa forme annulaire pour prendre à son tour une forme globulaire : l'anneau primitif est devenu une *planète* et cette planète, à son tour, continuant à la fois à tourner et à se refroidir pourra perdre, par la force centrifuge de sa circonférence, un anneau emprunté à sa masse. Ce « sous-anneau », si l'on peut l'appeler ainsi, par le même mécanisme que tout à l'heure, au bout d'un certain temps suffisamment long, se rompra à son tour, par suite de la dissymétrie de son refroidissement, pour donner naissance à un *satellite* qui tournera autour de la planète.

Et maintenant nous sommes arrivés à la seconde phase du système solaire : la phase planétaire. Notre nébuleuse primitive est remplacée par un noyau central autour duquel tournent un ou plusieurs noyaux qui sont des planètes entourées, elles-mêmes, chacune d'un ou plusieurs satellites. A cette phase, nous avons bien encore un élément à l'état nébuleux ; mais le refroidissement l'a amené, en diminuant graduellement ses dimensions, à un état déjà plus voisin de la solidification. Il arrive un moment (et notons que le mot « moment », dans ces questions d'origine des mondes, représente des millions de siècles) il arrivera un moment où le refroidissement sera suffisant pour que les matières qui forment le noyau de la terre atteignent la température de leur solidification, absolument comme un bain de plomb fondu qu'on laisse refroidir suffisamment longtemps finit par repasser à l'état de plomb solide. Mais comment y repassera-t-il ? Il n'y repasse pas, d'un seul coup, par toute sa masse : c'est la surface qui se solidifie la première et, en se solidifiant, cette surface, au lieu

de conserver cet aspect de miroir uni que présente un bain de métal fondu, se prend en une croûte ridée, crevassée, boursoufflée. Par conséquent, quand le noyau qui forme la terre commencera à se solidifier, ce n'est pas à l'état de boule rigoureusement sphérique qu'il va se solidifier, il se solidifiera par sa surface extérieure, en portant la double empreinte de la force centrifuge qui a aplati ses pôles et renflé son équateur, et de l'inégale vitesse de solidification de sa surface qui la garnira de plissements, de creux et de bosses. Les bosses seront les montagnes, les creux seront les vallées. C'est ainsi que s'est faite, au début de la solidification de la terre, la formation de ce que l'on appelle son *écorce* (1).

Mais n'oublions pas que si la terre, morceau détaché de nébuleuse solaire s'est solidifiée ainsi, cela ne veut pas dire que le morceau central et primordial se soit solidifié aussi. Au contraire, la terre s'est solidifiée la première à cause de la petitesse de sa masse, tandis que le noyau persistant dont la masse est beaucoup plus considérable est resté encore à l'état incandescent, de sorte que la terre solidifiée par la surface se trouve en présence d'un *soleil* autour duquel elle tourne. La lune elle-même, morceau détaché de la terre dont la masse est qua-

(1) Tout ce qui précède confirme l'hypothèse du feu central qui cependant est contestée par beaucoup de géologues. On ne sait rien des parties centrales de la planète, sauf la progression régulièrement *croissante* de la chaleur à mesure que l'on s'enfonce dans la terre. M de Lannay, reprenant les théories adverses dit : « Il suffit, par une théorie de concevoir à une distance relativement faible de la surface, de grands foyers calorifiques ayant une large extension dans certains sens, suivant certains allongements, mais pas nécessairement continus et pas même nécessairement à l'état de fusion générale. » (De LAUNAY. *Histoire de la Terre*, p. 119). Cette théorie qui ne semble pas conforme aux faits d'expérience demanderait à être largement étudiée. Mais, il importe peu, pour les conséquences philosophiques que nous avons à en tirer que le feu contenu soit central ou localisé en nappes.

tr-vingts fois plus petite que celle de sa planète, s'est encore refroidie plus rapidement parce que sa masse est beaucoup plus petite.

On conçoit ainsi que la lune soit un astre mort autour de la terre qui est encore un astre vivant.

Au moment où l'écorce s'est ainsi formée, la vie était-elle possible à sa surface ? Non, parce qu'au moment où un corps fondu passe à l'état solide, il garde encore une très haute température. Au moment de la formation de l'écorce, la température de la surface de notre globe était donc trop élevée pour que la vie put y apparaître, elle était même trop élevée pour que l'eau put y exister à l'état liquide. Ce n'est qu'à la suite d'un refroidissement encore plus grand, quand l'écorce terrestre eut atteint, en descendant, la température de 100°, température d'ébullition de l'eau, que cette eau a enfin puse condenser et que toute cette masse de vapeur qui entourait la terre d'une atmosphère très dense, a pu passer à l'état liquide, se précipiter vers sa surface et en occuper toutes les anfractuosités et toutes les dépressions, formant ainsi des lacs, des fleuves, des mers.

Cette eau est restée pendant longtemps à une haute température car elle n'a marqué qu'une des phases du refroidissement. Quand elle est tombée sur la terre, c'est donc à l'état d'eau très chaude, presque bouillante, mais on sait que plus l'eau est à une température élevée, plus elle dissout en grande quantité les corps solides mis en sa présence, par conséquent, cette eau qui se précipitait du haut de l'atmosphère vers la terre, à une haute température, a passé sur tous les continents alors formés, elle a dissout le maximum de matières qu'elle pouvait dissoudre, et allant dans les plus basses et les plus profondes dépressions, par suite des lois de la pesanteur, elle a ainsi constitué ces *mers* dont l'eau contient en dissolution, non seulement des sels de soude et de

potasse, mais encore des traces de tous les corps connus, même de l'or.

Le globe terrestre est allé toujours en se refroidissant, tandis que dans son sein et à sa surface se faisaient des combinaisons diverses des multiples éléments chimiques qui la composaient. A un certain moment, les conditions de température et de milieu général furent telles qu'une combinaison put se produire, de telle nature que la vie fit son apparition sur notre planète; c'était la conséquence de tous les états antérieurs.

DEUXIEME PARTIE

LE TRAVAIL DE L'ÉCORCE TERRESTRE

Nous voici en présence d'une terre dont l'écorce vient de se solidifier et sur laquelle l'air et l'eau ont pu apparaître. Cette écorce, cette enveloppe protectrice qui recouvre le noyau central de la terre, a-t-elle atteint du premier coup sa forme définitive ou va-t-elle en changer incessamment pour arriver à un état final déterminé ?

Comme nous l'avons dit, la solidification de la terre s'est faite par sa surface, le noyau a dû rester en fusion. Nous savons aujourd'hui que non seulement il a dû le faire mais qu'il l'a fait et nous le savons par des expériences très simples, par des constatations de tous les jours.

En effet, chaque fois que l'on creuse un puits, on constate que la température augmente au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans la terre et, ici non plus, ce n'est pas un accroissement de température dû au hasard. On observe que cet accroissement de température est de 1° de thermomètre chaque fois que la profondeur augmente de 33 mètres, par conséquent cela prouve que pour trois fois cette longueur, pour 100 mètres en chiffres ronds, nous aurons une augmentation de 3 degrés, pour 1.000 mètres de 30°, pour

10.000 mètres de 300° et si nous descendons jusqu'à une profondeur de 100.000 mètres, soit 100 kilomètres, nous atteindrions la température de 3.000°. Or, on sait aujourd'hui, depuis les belles expériences que M. Moissan a faites avec le four électrique, qu'à la température de 3.000° tous les corps connus dans la nature, même les roches les plus réfractaires, sont,

non seulement fondus, mais encore volatilisés. Donc, il ne peut plus exister de matières à l'état solide à la température de 3.000°, et comme cette température serait atteinte à la profondeur de 100 kilomètres, l'écorce terrestre ne peut avoir plus de cette épaisseur (1).

Que représente cette épaisseur *maxima* de 100 kilomètres, cette limite supérieure de l'épaisseur de l'écorce, par rapport au diamètre total du globe terrestre qui est de 12.000 kilomètres? c'est la 120^e partie, c'est donc,

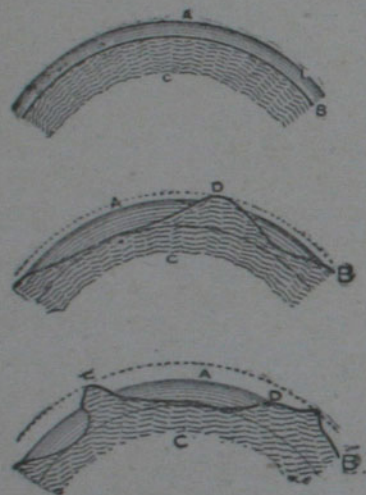


Fig. 2. — Figure théorique montrant la formation des continents et des mers : 1^{re} figure, A Océan, B écorce, C masse fluide interae ; 2^e figure A mer, D continent primitif ; 3^e figure, E chaîne de montagnes, D continents.

à proportion, une cuirasse moins épaisse que la coquille d'un œuf par rapport à l'œuf lui-même, avec cette différence que la coquille d'un œuf repose sur une matière froide alors que notre mince écorce

(1) Une autre conséquence des travaux de M. Moissan est l'évaluation de la température du soleil. Il est évident que les métaux que nous révélons dans cet astre l'analyse spectrale ne pourraient pas y exister si la température à laquelle ils sont portés dépassait 3.000° (voir, MOISSAN, Sur la distillation du titane et la température du soleil *Bulletin de la Soc. chim. de Paris*, 5 nov. 1906, p. 95).

terrestre repose sur un noyau de matières en fusion. Ce qui est donc bien fait pour surprendre l'esprit, c'est que « cela tienne » et c'est quand on réfléchit à la minceur de cette écorce que l'on comprend qu'elle soit secouée, à chaque instant,



Fig. 3. — Éruption volcanique (Dessin théorique) : *a*, cheminée du volcan; *b*, cratère; *c*, nuage chargé d'électricité formé par la vapeur *d* du volcan; *f*, particules de lave qui retombent sur le cratère et devant la montagne; *g*, cheminée secondaire; *i* fumaroles.

par des frémissements, des tremblements, qu'elle s'affaisse en certaines parties, qu'elle se soulève en d'autres et que, de temps en temps, sous l'effort de formidables pressions intérieures, cette pellicule, ainsi affaiblie par des cassures et des plissements successifs, cède en un point moins résistant pour livrer passage aux matières ignées qui se pressent en foule au-dessous d'elle et constituer ainsi une

éruption volcanique (fig. 3). (1) Nous en avons vu,



Fig. 4. — Les flancs de la Montagne Pelée, au voisinage du Prêcheur.

il y a quatre ans, un exemple tristement célèbre,

(1) Bien que les éruptions volcaniques soient des phénomènes assez connus, il nous paraît utile de dire quelques mots des théories actuellement en cours.

On a remarqué que les volcans étaient voisins du bord de la mer; on a pu déduire qu'ils avaient pour origine une infiltration d'eau de mer à travers une fissure de l'écorce terrestre. Le liquide, arrivant au contact de la masse ignée de l'intérieur de la terre, se transforme en vapeur et produit ainsi une pression considérable provoquant l'émission des masses en fusion de nuées ardentes, et la projection de masses solides et de poussières par les voies créées par la pression des gaz à travers la paroi terrestre (fig. 3, 4 et 5).

Une théorie nouvelle, due à M. A. Gauthier, attribue la formation d'un volcan à l'affaissement d'une masse granitique énorme de l'écorce dans les laves en fusion du centre: Il se produit du fait du glissement et des combinaisons, une élévation de température qui détermine des changements dont la constitution des roches primitives est complètement modifiée. Il y a dégagement de quantités énormes de gaz, d'où éruption. L'hydrogène emprunte l'oxygène qui lui est nécessaire aux matériaux fondus qu'il réduit. Cette eau se charge de ses minéraux qu'elle transporte au dehors. Ainsi, M. A. Gauthier explique non seulement les volcans, mais aussi les eaux thermales. (A. GAUTHIER, origine de l'hydrogène atmosphérique, *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, T. 25, p. 231. Sur les gaz dégagés par les roches ignées sous l'influence

lors de l'éruption de la Montagne Pelée, à la Martinique (1).

Ces phénomènes de plissements et de secousses terrestres sont donc une conséquence fatale du mode de formation de notre écorce et ils constituent une des plus belles confirmations de la théorie de Laplace. Nous ne sommes pas près d'assister à la fin de ces phénomènes, car tant qu'il y aura au centre de la terre des matières non solidifiées, d'abord ces matières seront soumises, comme toutes les matières en fusion, à des courants qui en agitent la masse, et, de plus, elles seront soumises au refroidissement continu qui se fait toujours par la surface de la terre.

Par conséquent, le noyau central continue à se refroidir perpétuellement et continue également à diminuer lentement de volume. Comme c'est sur lui, que repose l'écorce, à la façon d'un radeau qui repose sur l'eau sous-jacente, cette écorce fléchira là où la contraction du noyau central lui enlèvera son point d'appui. La forme actuelle de l'écorce terrestre, les profils que nous connaissons des continents et des mers, les hauteurs des montagnes, les profondeurs des océans ne sont donc qu'un état précaire transitoire (fig. 7). L'homme est porté, naturellement, à croire à l'éternité de forme pour la nature dans

de la chaleur, id., p. 337. Sur les produits gazeux dégagés par l'action des roches ignées, origine des gaz volcaniques, p. 402. Voir aussi les *Annales des Mines*, mars 1906 pour l'origine des eaux thermales.

(1) Dans diverses communications à l'Académie des Sciences, M. A. LACROIX a fait connaître les observations qu'il a faites à la Martinique lors de l'éruption de la Montagne Pelée. On trouvera un récit plus populaire de ses travaux dans un article « Montagne Pelée » *Depêche coloniale illustrée*, 30 avril 1903). On se rendra compte comment une éruption modifie l'aspect d'une région : blocs énormes transportés par une nuée ardente et brisés sur place, aiguille du dôme ajoutée à la Montagne (fig. 5), côtes de la mer modifiées (fig. 6), etc.

Voir aussi du même auteur. Pompéi, Saint-Pierre, Otajano (*Revue scientifique*, 1906, vol II, pp 482-489, 519-523).

laquelle il vit, mais il suffit de réfléchir un peu pour voir que ce qui s'est passé dans les temps préhis-



Fig. 5. — L'aiguille terminale du dôme formé par l'éruption de la Montagne Pelée (janvier 1903). Vue prise des bords du cratère.

riques est un gage certain de ce qui se passera encore dans l'avenir.

De cela résulte une conséquence importante. Les océans représentent des zones d'effondrement de la surface, par conséquent, c'est en général au bord des

océans anciens ou actuels que se sont produits les plissements qui ont disloqué l'écorce (fig. 2). Or, prenez une feuille de tôle qui a une certaine résistance tant qu'elle reste plane, et faites-lui subir un pli au marteau. Si vous cherchez, après avoir redressé cette feuille, à en fabriquer une petite chaudière, vous serez sûr de la voir exploser à l'endroit où vous avez fait le pli. Il est donc tout naturel que les lignes

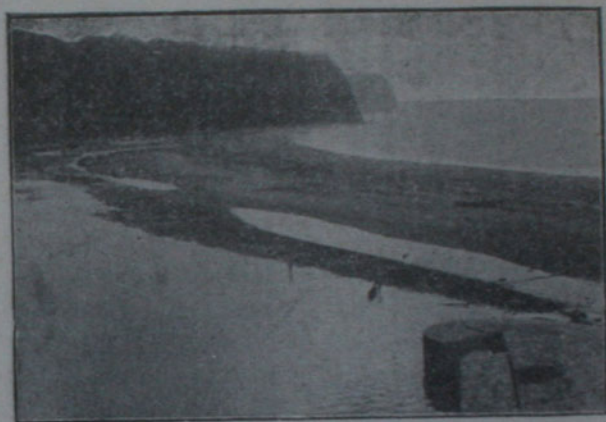


Fig. 6. — La barre de nouvelle formation à Basse-Pointe, lors de l'éruption de la Montagne Pelée (janvier 1902).

de volcans se trouvent au bord des grands océans dont les rivages jalonnent les plissements de l'écorce.

C'est pour cela que nous en voyons aux Antilles, au Japon et tout le long du Pacifique. Il ne faut donc pas s'étonner qu'il y ait des régions de la terre qui semblent prédestinées aux tremblements de terre et aux éruptions volcaniques : l'apparition de ces phénomènes est une conséquence rigoureuse et logique de la distribution relative des continents et des mers.

De plus, à travers tous les continents et toutes les mers du globe, entourant ceux-ci comme d'une

ceinture, se trouve une immense dépression que l'on appelle la *dépression méditerranéenne*. Cette dépres-



Fig. 7. — Un paysage terrestre (la chaîne des Puys) montrant le relief de la croûte terrestre.

sion est une sorte de fossé qui fait le tour du globe et est marquée sur une mappemonde par les profondeurs centrales du Pacifique, l'isthme de Panama,

la grande fosse du centre de l'Atlantique, la mer Méditerranée, la mer Rouge, les profondeurs des îles de la Sonde qui referment ainsi le circuit. Aux bords de cette dépression, se trouvera, par conséquent, une ligne de plissements qui, elle aussi, sera un centre de phénomènes sismiques et volcaniques. Ainsi s'explique la présence accumulée de volcans dans le Sud de la Méditerranée.

Notre terre porte donc en elle-même une cause permanente d'altérations et de modifications de sa surface, et cette cause est une conséquence directe de son origine ignée. Ajoutons, pour terminer, que l'on a une autre preuve de l'existence du noyau central de matières en fusion. Par des expériences d'une très grande délicatesse, les physiciens modernes sont arrivés à déterminer la densité de la terre, de la terre *prise dans son ensemble*, c'est-à-dire que si, dans un immense mortier, à l'aide d'un immense pilon, on réduisait en poussière fine la boule constituée par la terre et qu'on faisait un mélange intime et bien brassé de la poudre ainsi obtenue, ce mélange aurait une densité égale à $5\frac{1}{2}$; autrement dit, un litre de ce mélange pèserait 5 kil. 500. Mais les roches sur lesquelles nous marchons, même les plus lourdes, ont une densité comprise entre 2 et 3; par conséquent, pour que la terre totale ait une densité de $5\frac{1}{2}$, étant donné que les matières qui forment son écorce ont une densité plus faible, il faut, nécessairement, que les matières du centre aient une densité plus forte, comprise entre 8 et 10 et seuls, dans la nature, les métaux réalisent cette condition. Par conséquent, le centre de la terre non seulement doit être formé de matières en fusion mais de matières formées en grande partie de métaux et c'est ce que démontrent surabondamment les éruptions volcaniques dans lesquelles ce n'est que la partie superficielle du noyau central qui s'échappe et dans

lesquelles cependant, les laves renferment une surabondance de matières ferrugineuses. C'est ce que démontrent aussi les phénomènes du magnétisme terrestre qui font que l'aiguille aimantée, soumise, à la surface de l'écorce terrestre, à des directions inflexibles, se trouve parfois agitée, rendue *folle*, par des variations directement liées avec les mouvements internes du noyau magnétique central.

TROISIÈME PARTIE

L'ÉVOLUTION DE LA SURFACE DE LA TERRE LES PHÉNOMÈNES ACTUELS (1)

L'écorce sur laquelle nous vivons est donc loin d'avoir atteint un état définitif du fait de la nature du noyau qu'elle enserme mais ce n'est pas seulement au-dessous d'elle qu'elle porte des causes d'altérations : l'air et l'eau qui se trouvent à sa surface contribuent sans cesse à en modifier l'aspect et à en altérer la forme.

Considérons, en effet, la terre telle qu'elle est avec des continents qui émergent et des océans qui recouvrent les trois quarts de sa surface. Échauffées par les rayons du soleil, les eaux de l'Océan s'élèvent en vapeurs dans l'atmosphère; mais les masses d'air dans lesquelles ces vapeurs se trouvent mélangées ne restent pas en repos à la surface de notre globe. Le soleil, en chauffant inégalement

(1) Quoique ce chapitre se rapporte à des faits très connus son importance philosophique est très grande. Nous ne pouvons pas décrire longuement tous les phénomènes dont il est question. Nous nous bornons à leur énumération rapide, de manière à en faire un faisceau — pour que d'un coup d'œil on en saisisse l'importance. Le travail très lent et continu des « Causes actuelles » est peut-être ce qui fait le mieux comprendre ce qu'est l'Évolution — et montre combien l'explication mécaniste de l'Univers est suffisante. — Les conférenciers d'universités populaires peuvent tirer de ce chapitre, en le complétant à l'aide des ouvrages cités à la fin du volume, le sujet d'une intéressante et philosophique conférence.

les diverses zones de la planète, par suite de la sphéricité de la terre, qui modifie l'inclinaison des rayons solaires, entraîne des masses d'air froid vers les endroits où se trouvent des masses d'air chaud moins dense et produit ainsi les vents généraux qui règnent au-dessus des mers et des continents.

Lorsque l'action du vent s'exerce sur des contrées dénuées de végétation, les roches peu à peu désagrégées (fig. 8) par les divers agents atmosphériques



Fig. 8. — Action éolienne sur les rochers gréseux de la presqu'île du Cap Blanc (Baie du Levrier, Afrique Occidentale).

sont réduites à l'état de sable ou de poussière. Le vent entraîne ces sables qui sont déposés dans des endroits abrités où ils s'accumulent. C'est ainsi que se forment les loess en Chine, vastes étendues de terre jaune dont l'épaisseur atteint 600 m.; c'est ainsi que se forment les dunes, soit à l'intérieur des terres, comme dans le Sahara (200 m. haut), soit le long des rivages comme sur les côtes de la mer du Nord ou de l'Atlantique. Mais qu'elles soient continentales ou maritimes les dunes sont soumises aux mêmes mouvements de déplacement; on a

observé en Bretagne, près de Saint-Paul-de-Léon,

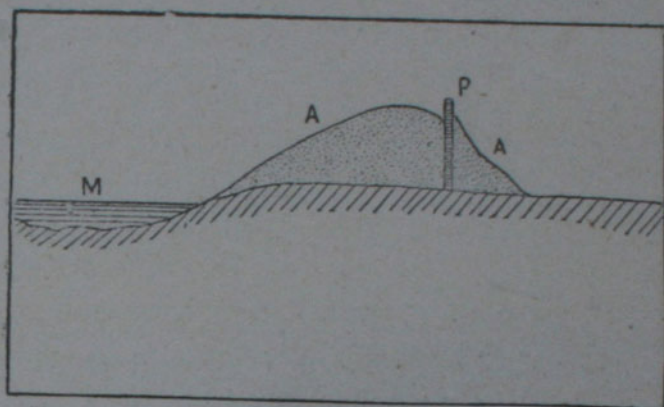


Fig. 9. — Schéma de la formation des dunes. M, niveau de la mer; AA, pentes du monticule sablonneux formé par l'action du vent, heurtant le piquet P.

des dunes marchant avec une vitesse de 500 m. par an (fig. 9).



Fig. 10. — Maison démolie par le choc d'un bloc au cours d'une inondation à Basse-Pointe.

Pour empêcher ces envahissements, on a entrepris

de fixer les dunes au moyen de plantations; dans certaines régions on a obtenu des forêts de pins estimées à plus de vingt-cinq millions (environs d'Arcachon).

Toutes les roches ne se désagrègent pas avec la même rapidité. Parfois le vent en enlevant les parties les plus friables et usant plus lentement les parties les plus dures ou les mieux préservées déchiquette certaines roches qui prennent des formes les plus bizarres: Mers de roches, Moulins du diable, Cheswing de Cornouailles, etc. (fig. 8).

Des mouvements de l'eau créés au sein des océans par des causes analogues à celles qui créent les vents réguliers, modifient par frottement le contour des côtes, déplacent les fonds, et, par les modifications qu'ils apportent au climat changent aussi l'aspect de la terre.

Les masses d'air contenant la vapeur « pompée », pour ainsi dire, à la surface des mers, sont en perpétuel état de déplacement; elles arriveront, forcément, dans des régions plus froides, et la vapeur qu'elle contiennent se condensera sur les parties les plus hautes des continents, c'est-à-dire sur les montagnes.

Si la température de ces lieux de condensation est assez basse, cette eau passera même directement à l'état solide, recouvrant les sommets les plus élevés de neiges et de glaces; mais la partie condensée sur les régions moins froides et les portions qui proviennent de la fusion de ces neiges et de ces glaces vont former des masses d'eau liquide qui vont descendre suivant la pente naturelle du continent et retourner ainsi à la mer, refermant le cycle si simple et si grandiose qui constitue la vie de l'atmosphère terrestre.

Dans leur mouvement de descente, ces eaux qui débutent par des chutes sur des pentes très raides



Fig. 11. — Chute de Vahinarva à Madagascar.

et qui sont, à l'origine, de véritables torrents, vont altérer, par un phénomène qui s'appelle l'*érosion* les parties solides, les roches qui se trouvent à leur contact; elles entraînent avec elle les roches plus petites qu'elles précipitent comme des béliers sur les roches plus puissantes, contribuant ainsi à les désagréger comme par un véritable travail de sape par les chocs perpétuels qu'elles produisent (fig. 11 et 19).

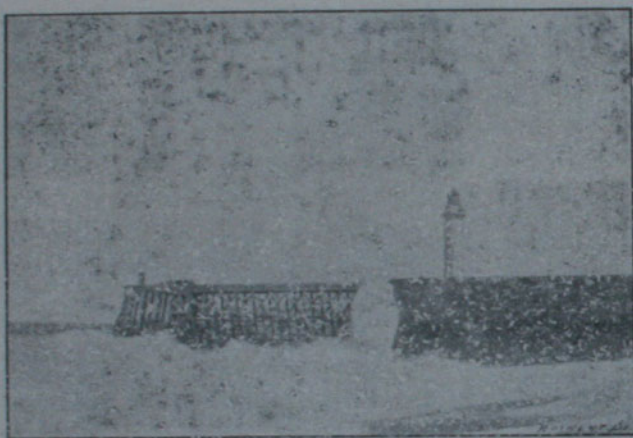


Fig. 12. — La jetée de Dieppe. — A. Avant le 2 janvier 1899.

Par conséquent, du fait du ruissellement des eaux courantes, la surface de la terre sera continuellement soumise à des altérations. Ce n'est pas tout. Les eaux de la mer chassées par les vents, soulevées par les marées se ruent sans cesse à l'assaut des rivages. La force destructive des vagues est extraordinaire puisqu'on a vu, par des tempêtes, des blocs de cent mètres cubes roulés comme des galets. Par conséquent, les rivages de la mer seront en un perpétuel état de dislocation, sous l'influence des assauts répétés que leur donne l'Océan et, à chaque instant, récemment encore en Angleterre et en France, des pans entiers de falaises s'écroulent dans la mer. La

ligne des côtes est donc soumise aux phénomènes de destruction et d'accroissement. Tantôt, effritée et rongée par la mer, elle se modifie et diminue, tantôt au contraire, elle s'accroît des apports marins (fig. 12, 13, 14). Ainsi, tandis que la côte anglaise située sur la mer du Nord (près de l'embouchure de l'Humber) perd de 2 à 3 m. par an, et que les côtes de Bretagne s'entament de plus en plus, les débris

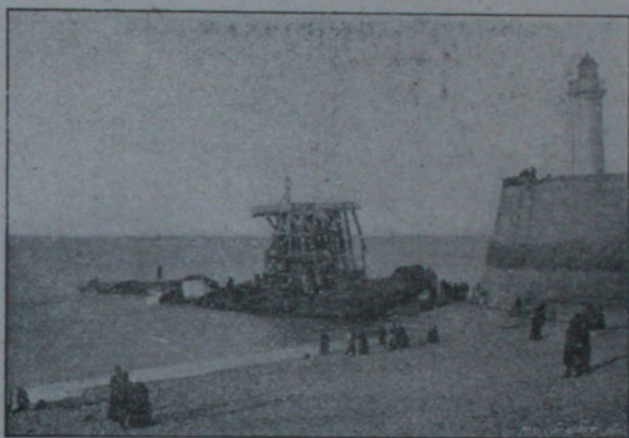


Fig. 13. — B. Après le 2 janvier 1899.

arrachés à la côte anglaise de la Manche et déposés sur le rivage normand ont formé les alluvions fertiles du Marquenterre et les limons du Rhône allongent vers la mer la côte du Languedoc.

De plus, les glaces formées par la condensation sur les parties hautes et froides des continents ne restent pas immobiles. Les glaciers, sous la poussée de leur portion supérieure, descendent lentement vers les plaines, nivelant comme de gigantesques rabots les vallées sur lesquelles ils passent (1). Par conséquent,

(1) Dans leur marche descendante, les glaciers entraînent d'énormes blocs de rochers qu'ils déposent sur les pentes de la montagne ou dans la vallée : ce sont des blocs erratiques (fig. 15, 16 et 18) qui parfois,

pour toutes ces raisons, on conçoit qu'au bout d'un temps suffisamment long, les aspérités de la terre ferme puissent toutes être successivement nivelées alors qu'un apport de matières solides garnira petit à petit les profondeurs des océans, pour les combler en partie.

Les eaux courantes elles-mêmes construisent des terres artificielles à l'embouchure des grands fleuves.



Fig. 14. — C. Après le 10 janvier 1899.

Ne voit-on pas à l'embouchure du Gange, du Mississipi des sables se déposer incessamment, augmentant ainsi le domaine des terres alors que, d'autre part, par ses attaques répétées, la mer le diminue ? (1)

éloignés de plus de 100 kms. de leur pays d'origine témoignent de la présence d'anciens glaciers.

Dans les régions polaires, quand les glaciers atteignent la mer, leur extrémité ne reposant plus sur le sol se brise et les diverses parties flottent sur les eaux; ces glaces flottantes sont connues sous le nom d'icebergs, quelques-uns atteignent 100 m. de hauteur et 300 m. d'épaisseur (fig. 17)

(1) Les deltas atteignent parfois des proportions considérables : celui du Nil a 22 000 kmq. de superficie et celui du Gange 83 000 kmq; mais tandis que les uns s'accroissent sans cesse, d'autres diminuent. Dans le Delta du Pô, Adria qui était un port de mer à l'époque de l'empire

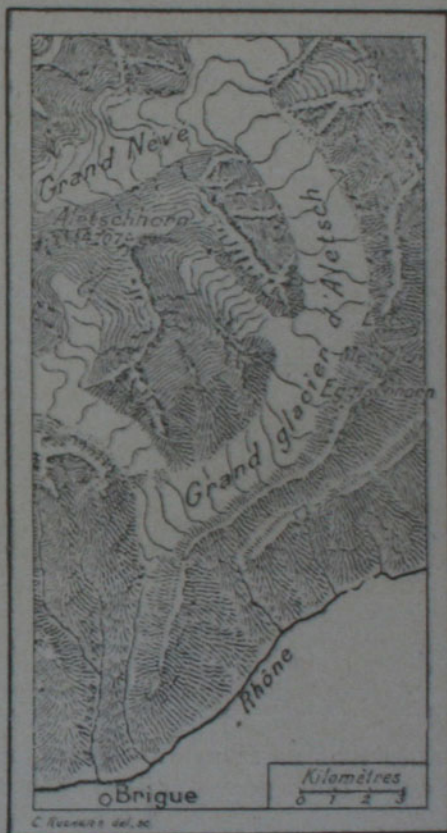
Donc, atmosphère, eaux courantes, eaux de la mer, tout cela sont autant de facteurs qui changent constamment l'aspect de la surface de notre planète mais ce n'est pas tout.

Il faut encore noter, en effet, les causes internes de transformation. Les volcans et les tremblements de terre modifient profondément la surface du globe. Les éruptions volcaniques sont la cause de modifications et de désastres. C'est ainsi qu'en l'an 79 les villes de Pompéi et d'Herculanum furent ensevelies sous la lave du Vésuve; que, en 1815 le Tambora (situé dans une des îles de la Sonde, l'île de Sumbava) couvrit de ses cendres l'île éloignée de 210 k.;

les récoltes furent perdues et 44 000 personnes périrent.

La quantité de lave qui s'écoule du volcan est par-

romsain est maintenant à 35 km. dans les terres; l'Arno gagne environ 6 m. par an sur la mer, le Pô qui s'avance de 70 m. par an conquiert 113 Ha.



fois considérable, en 1787 le volcan de l'île de la Réunion émit 86 millions de mc. de lave.

Parfois les mouvements volcaniques détruisent des régions entières, parfois au contraire ils édifient des terres nouvelles (fig. 6); c'est ainsi que, en 1883, après une éruption, l'île de Krakatoa se réduisit des deux tiers; tandis que, à des périodes successives apparurent les îles de Santorin, dans la Méditerranée orientale (en 198 av. J.-C. 1261, 1707, 1866).



Fig. 16. — Extrémité du glacier du Rhône. Pendant les étés très chauds les glaciers reculent par suite de la fonte de leur extrémité inférieure et ils laissent à une certaine distance une *moraine frontale* ou *terminale*, soit un tertre demi-circulaire formé de blocs et de débris apportés par eux. On voit ici l'extrémité du glacier entourée d'un rempart de débris et de plusieurs anciennes moraines frontales disposées en arcs concentriques.

Les tremblements de Terre, les éruptions volcaniques, toutes les modifications à la stabilité de la planète ont des conséquences générales. M. Darboux relevant les variations de latitude observées par les divers observatoires suivant les époques, pense que le pôle terrestre se déplace. L'association géodésique a fait calculer les variations signalées par M. Darboux et, M. Brillouin, étudiant les courbes publiées par cette société, a montré sur ces courbes des cassures qui correspondent aux époques des mouvements sismiques.

Les êtres vivants se chargent aussi d'une partie de cette besogne. Au-dessous des mers, de microscopiques organismes qui s'appellent les coraux (1), construisent des îles entières et enfin, depuis un siècle, l'homme par un effort de son génie n'a-t-il pas rêvé et déjà réalisé en partie de profondes modifications dans l'aspect des continents ?

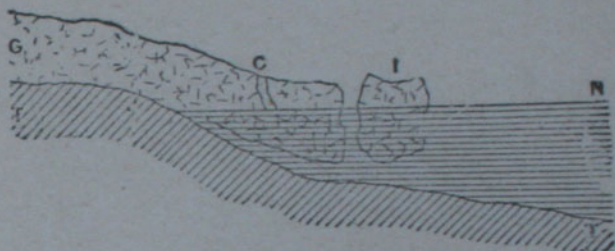


Fig. 17. — Formation de glaces flottantes. TT, terre ferme; N, niveau de la mer; G, Glacier dont l'extrémité flotte librement; C, ligne de rupture; I, iceberg détaché.

N'avons-nous pas vu l'Asie séparée de l'Afrique par le percement de l'isthme de Suez et des projets gigantesques n'ont-ils pas été faits, l'un par les Hollandais pour reconquérir le Zuyderzée sur la mer,

(1) Les coraux sont des récifs à fleur d'eau formés par de petits animaux constructeurs (madrépores, porites) qui secrètent du calcaire. La partie inférieure de la construction est formée d'individus morts agglutinés; la partie supérieure est formée d'individus vivants qui continuent l'œuvre. (Exemple : la Grande Barrière de la côte Est de l'Australie).

Ailleurs les coraux affectent une forme d'anneau, à l'intérieur duquel s'étend un lac de faible profondeur : ce sont les atolls.

Voir Charles DARWIN. *Les récifs de corail*, trad. fr. Ch. Lévêque. Paris, 1878, Schleicher frères, 1 vol. 347 p.

Voir aussi DARWIN : *Voyage d'un naturaliste autour du monde*. Paris, 1883 Schleicher frères, 1 vol., 552 pages, p. 483 à 524.

Ch. Darwin a montré (*Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale*, 1 vol. 264 p. Paris, Schleicher frères, 1882) l'importance de l'action de ces petits animaux que l'on traite en quantité négligeable : « Ainsi dit-il (p. 250) tout le lit superficiel de terre végétale doit, dans le cours de quelques années, traverser une fois par leur corps. »

l'autre, inversement, par des Français, pour fertiliser le Sahara par l'arrivée d'une mer intérieure ?

Par conséquent, à toutes les causes que nous avons énumérées, il faut ajouter celle qui provient de la volonté et de l'énergie des hommes et ce ne sera pas la moindre. Puisse cette énergie être toujours dirigée dans cette voie essentiellement salu-

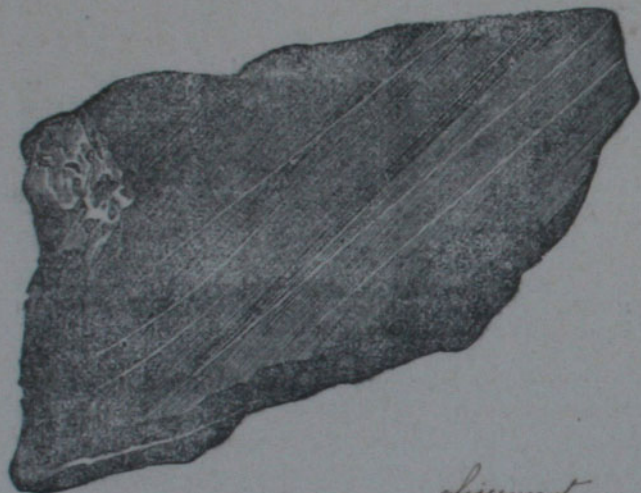


Fig. 18. — Morceau de roche poli et strié par le *glissement* d'un glacier.

taire et saine, au lieu de se perdre dans des querelles inutiles qui feraient s'entre-détruire ceux qui doivent être des frères !

Les considérations précédentes nous amènent naturellement à une conclusion de la plus haute importance : c'est que notre globe subit, en permanence, des modifications qui montrent son *évolution* continue. Sous la double action des forces internes et des agents externes, il *tend* vers un état qu'il n'atteindra qu'au bout d'un temps extrêmement long, des milliers et des milliers de siècles ; mais, en attendant, sa surface se modifie sans cesse, et

« demain » ne ressemble pas plus à « aujourd'hui »
qu' « aujourd'hui » ne ressemble à « hier ».

Deux principes fondamentaux dominent toute notre



Fig. 19. — Résultat séculaire du travail d'érosion d'un cours d'eau.
(Algérie.)

science : l'un, découvert par Lavoisier, est le principe de la *conservation de la matière* : Rien ne se crée, rien ne se perd. L'autre principe est celui de la *conservation de l'énergie* qui peut s'exprimer ainsi : on ne crée pas plus d'énergie qu'on ne peut créer

de matière. La somme d'énergie existant dans la matière est constante. On ne crée pas l'énergie, *on ne fait que la transformer*. Ce principe est la plus grande conquête scientifique du XIX^e siècle.

Chaleur, lumière, électricité ne sont pas des formes ^{-quel} de l'énergie. Pour avoir de l'électricité il faut dépenser du travail mécanique ou de la chaleur, c'est-à-dire faire subir à l'énergie une transformation.

Ainsi, la matière et la force sont régies par la même loi, et cette loi, déduite de l'observation et de l'expérience, rend inadmissible l'idée de création : elle ne laisse possible que l'idée d'évolution, la seule qui correspond scientifiquement aux résultats inattaquables d'un siècle d'expérience.

Et la Terre, dans l'ensemble de ses transformations, sous la double influence des agents internes et externes, s'achemine vers l'état d'astre mort, sans foyer intérieur, sans vie superficielle, comme est la lune actuellement. Quand elle aura atteint cet état, aura-t-elle cessé d'évoluer ? Non.

Quand, par suite de refroidissement graduel, dans des millions d'années, les conditions de la vie *telle que nous la voyons aujourd'hui*, seront rendues impossibles sur notre planète, d'abord rien ne nous dit que par une lente évolution des êtres et des espèces vivantes, certains individus n'auront pas pu se plier aux nouvelles conditions de la planète sur laquelle ils vivent ! Rien ne nous dit que l'Homme, maître de la nature, conquérant de ses forces, n'aura pas trouvé le moyen de s'échapper des étroites prisons de notre atmosphère pour aller chercher dans des astres plus jeunes la chaleur que lui refuse la terre trop vieille pour le nourrir et le réchauffer. Mais, même si l'espèce humaine, si toutes les espèces vivantes s'étaient éteintes, le système continuerait à évoluer. Les astres refroidis tourneraient autour du soleil éteint ; mais ce système serait à la merci

des évolutions des autres astres du monde, et, par conséquent, dépendant de leurs évolutions lointaines et respectives, il aurait ainsi trouvé la persistance de son évolution à lui.

Et qu'on se persuade bien d'une chose : il n'y a pas de *cataclysmes*. Ce que nous appelons des cataclysmes ne sont que des manifestations des forces naturelles dont nous n'avons pu, encore, démêler toutes les lois. L'éruption d'un volcan, un tremblement de terre qui engloutit une ville, ne sont pas des « cataclysmes » au sens légendaire du mot. Cela veut dire simplement que nous ignorons encore les lois complètes qui régissent la matière et l'énergie. Si nous les savions complètement, nous aurions prévu ces manifestations qui ne sont que des « phénomènes ». Et cela nous amène à cette conclusion que pour être maître de la nature, il faut travailler sans cesse : la loi d'évolution, pour l'homme, est liée à la noble loi du travail !

La Terre n'a pas commencé à un instant *précis*, elle est une phase de l'évolution de la matière, elle continue cette évolution, et, dans l'état actuel de nos connaissances, s'il ne nous est pas possible de déterminer rigoureusement où l'entraîne cette évolution, nous pouvons du moins affirmer que ses éléments constitutifs, même transformés, continueront d'exister car, aucun fait scientifique n'étaye l'hypothèse d'un commencement et d'une fin.

QUATRIÈME PARTIE

GÉOLOGIE

Notre globe a donc un passé et l'étude de ce passé est indispensable à celui qui veut connaître exactement son histoire.

Pour l'étude du passé de la terre, l'homme a procédé par des méthodes scientifiques rigoureuses avec un caractère de logique absolue, suivant en cela la méthode même qui sert à l'archéologue pour étudier le passé des peuples disparus d'après les vestiges que nous ont laissés les produits de leur industrie. L'archéologue, par des documents que lui fournissent les fouilles : squelettes, pierres sculptées, pierres tombales, débris de monuments, armes, etc., est arrivé, par des déductions successives, à reconstituer avec une étonnante précision l'histoire de l'homme aux époques où les documents écrits faisaient défaut. De même, le géologue devra partir des documents qu'il trouvera à la surface de la terre et, à l'aide d'une étude méthodique de ces documents, il devra remonter dans le passé, déchiffrer les lois suivant lesquelles ils se sont successivement déposés.

Les documents dont l'homme dispose pour remonter dans le passé de l'histoire de la terre sont de deux sortes : ce sont des roches et des fossiles.

* *

L'aspect de l'écorce terrestre, quand on l'étudie,

se présente sous des apparences qui semblent infiniment variées et qui, en réalité, se ramènent à trois types principaux. Ce sont les formations *stratifiées*, les formations *massives* et les formations *disloquées*.



Fig. 20. — Falaises de Dieppe, où l'on peut distinguer les *tranches* ou couches superposées.

Pour les formations stratifiées, tous les exemples que nous prendrons sont suffisamment instructifs. Les premiers sont les falaises des bords de la Manche.

Ces falaises représentent de gigantesques cassures faites à travers l'écorce terrestre et il suffit d'examiner l'une de ces cassures, par exemple les falaises

qui sont aux environs du cap de la Hève, au Havre, pour voir qu'elles sont constituées de couches superposées. Ainsi, dans le cas que nous avons choisi, la base de la falaise est formée par quelques mètres de calcaire, d'argile bleuâtre. Le tout supporte d'abord des graviers ferrugineux, puis une épaisse couche de sable jaune. Sur ces sables vient s'étendre un lit d'argile qui supporte une marné sableuse verdâtre et, enfin, couronnant le tout, se trouve la couche de craie qui termine la partie supérieure de la falaise, craie qui est grise par le bas, blanche par le haut,



Fig. 21. — Stratification des roches, dite stratification horizontale. Les couches ont conservé parfaitement la position prise par elles en se formant. Elles sont parallèles à la surface de la terre et superposées régulièrement.

qui est elle-même stratifiée en couches horizontales marquées par des cordons de silex noir et gris (fig. 21 et 22).

Un autre exemple classique et très net de formes stratifiées se trouve dans les carrières de la région d'Argenteuil, aux environs de Paris. Là, nous trouvons d'abord une masse puissante de gypse (ou pierre à plâtre) toute parsemée d'ossements de mammifères terrestres. Mais cette couche est coupée, de temps en temps, par des lits horizontaux de marne jaune et cette fois, au lieu de débris d'animaux terrestres, ces marnes comprennent des débris d'animaux marins. Au-dessus de ces marnes jaunes sont des marnes grises comprenant des débris d'animaux aquatiques mais uniquement d'eau douce. Au-dessus de celles-là se trouve une assise de terre glaise où l'on voit réapparaître les débris d'animaux marins; enfin viennent des marnes argileuses contenant des quantités de débris d'huîtres, le tout recouvert par du sable jaune.

Ces deux exemples font voir surabondamment que, à toutes les époques de la terre, c'est l'action de la

mer qui a joué le rôle principal. On sait, en effet, que lorsqu'on a des matières très ténues en suspension dans l'eau, ce qui se produit dans le cas de toutes les eaux malpropres, comme le sont, hélas ! beaucoup de nos eaux d'alimentation, il suffit de laisser reposer cette eau à l'abri de toute agitation pour voir le fond

se tapisser d'une couche mince et horizontale formée de toutes les matières ténues en sus-

pension que leur densité plus grande que celle de l'eau a fait lentement descendre au fond du vase. Si l'on décante le liquide et si l'on remplit le récipient d'une autre eau tenant d'autres matières en suspension, un second dépôt se

superposera au premier, dépôt d'une nature différente; une troisième admission de liquide amènera un troisième dépôt et ainsi de suite.

Le fait que des matières de nature différente se soient déposées en stratification, en couches horizontales successives est donc un témoignage authentique de l'existence des masses liquides qui se sont succédées sur les terrains en question. Chacune y déposant la trace de son passage en y laissant tomber une couche plus ou moins épaisse de matières qu'elle contenait en suspension, chaque époque, chaque terme

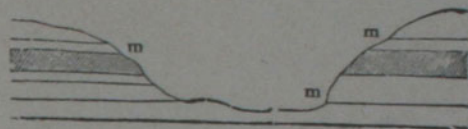


Fig. 22. — Coupe d'un ravin, vallon ou tranchée de route montrant en m, m la tranchée, face par laquelle une couche aboutit à la surface de la terre.



Fig. 23. — Roches massives ou non stratifiées : masse rocheuse enveloppée en tout ou en partie dans une autre.

amènera un troisième dépôt

de cette évolution a donc, pour ainsi dire, signé sur l'écorce terrestre la date de son passage.

La présence caractéristique des débris d'animaux aquatiques dans la plupart des terrains que l'on peut étudier ainsi, montre le rôle important de l'Océan dans le passé et si l'on veut bien réfléchir que l'Océan recouvre, comme nous l'avons dit, les trois quarts de la surface du globe et que sur ces trois quarts les phénomènes du passé continuent à s'accomplir aujourd'hui, on voit quelle est l'importance de l'étude de l'océanographie lorsqu'on la pousse parallèlement à celle de la géologie. Le Prince de Monaco a donc



Fig. 24. — Des fractures de l'écorce terrestre livrent passage aux matières ignées qui se solidifient en formant les roches éruptives (granit, porphyre, basalte, laves).

pu dire justement que la géologie était l'océanographie du passé et que l'océanographie était la géologie de l'avenir.

Après les formations stratifiées, nous avons les *formations massives* (fig. 23).

Il est des points du globe où l'aspect de l'écorce terrestre, au moins dans sa partie superficielle, ne présente nullement cette apparence de couches horizontales successives et superposées. Au contraire, on voit des formations massives souvent très arrondies, formations dont l'allure s'observe admirablement dans le plateau central de la France; on la remarque très bien, en particulier, dans la traversée de la voie ferrée à travers le Limousin. Ici, plus d'apparence de stratification, partout, au contraire, la roche est compacte et l'on voit briller au soleil des paillettes de cristaux de quartz et de mica. Il y a donc dans l'écorce, jusqu'à la partie supérieure,

des roches qui ont conservé leur forme première et sur lesquelles aucun dépôt ultérieur n'est venu s'effectuer.

Mais ces roches elles-mêmes appartenant à l'écorce générale ne sont pas soustraites aux mouvements convulsifs qui agitent cette dernière ; aussi, dans bien des régions, notamment dans le Jura, les formes primitivement arrondies sont-elles cassées, striées, coupées donnant ainsi un troisième aspect des terrains qu'on peut étudier. Ce sont les terrains disloqués.

Nous avons donc trois types de formation bien différents. Les phénomènes sédimentaires par lesquels, sous l'influence de la pesanteur, se sont déposés les éléments successifs tenus en suspension par les Océans ; les phénomènes éruptifs qui ont poussé, à travers les stratifications des systèmes précédents, des masses énormes de roches provenant du noyau interne (fig. 24) ; enfin, les phénomènes *orogéniques* qui ont dérangé continuellement l'aspect de la surface réalisé par les deux premiers types de phénomènes et ont modifié ainsi la géographie du globe aux différentes étapes de son évolution.

Le géologue se trouve donc en présence de deux modes de travail bien différents lorsqu'il veut faire sa première étude. D'abord, étudier par le menu la nature détaillée des roches qu'il peut recueillir à la surface ; ensuite, étudier la succession des dépôts qui ont pu se produire, l'ordre dans lequel ces dépôts se sont produits et la nature même de ces dépôts.

La première méthode est la méthode *lithologique*, la seconde est la méthode *stratigraphique*.

..

Il ne rentre pas dans le cadre de ce petit livre d'étudier le détail des roches. La *pétrographie* est une

science longue, minutieuse, qui a fourni à la géologie les plus précieux et les plus sûrs documents. Il suffira de donner quelques généralités sur cette étude.

Tout d'abord, son importance éclate aux yeux. Puisque les dépôts stratifiés sont formés de débris organiques ou minéraux, la partie minérale de ces débris ne peut provenir que de la désagrégation des roches éruptives. Donc, il est essentiel d'étudier les éléments dont ces roches éruptives sont composées si l'on veut arriver à connaître exactement les éléments qui composent à leur tour les roches stratifiées.

D'une façon générale, les roches éruptives proviennent de la partie superficielle du noyau central en fusion et, de même que dans un bain de fonte, dans la coulée d'un haut-fourneau, à la partie supérieure du métal fondu, s'accumulent des scories et des « laitiers » plus légers qui viennent surnager, de même on comprend que l'écume du noyau central doit être formée des éléments les plus légers. C'est pourquoi la partie supérieure, c'est-à-dire celle que l'on observera, sera formée de silice et de chaux. La silice, en particulier, qui s'est combinée avec différents oxydes métalliques, oxydes d'aluminium, de potassium, de sodium, de calcium, de fer, de magnésium, aura donné naissance à des espèces minérales distinctes, variables avec les conditions de formation et souvent même, si l'on veut bien prendre garde que la silice est un acide il a pu se faire qu'il y eut un excès de cet acide par rapport aux oxydes minéraux, absolument comme dans la fabrication du sulfate de potasse, par exemple, il peut se faire que l'acide sulfurique soit en excès sur la potasse. Dans le cas particulier de la silice, l'excès d'acide silicique cristallise et forme un minéral caractéristique qui s'appelle *quartz* ou *crystal de roche*. Parmi les com-

posés de la silice avec les oxydes métalliques quelques-uns sont même très compliqués, on leur donne le nom de *feldspaths* ; d'autres silicates d'alumine moins riches en silice que les *feldspaths* contiennent en revanche du fer ou du magnésium et donnent naissance à des minéraux complexes, flexibles, se partageant facilement en petites paillettes superposées en feuilles comme les feuilles d'un cahier de papier à cigarettes : on les appelle des micas.

D'une façon générale, on divise les roches en roches acides, basiques ou neutres. Les *roches acides* contiennent un excès de silice restée en liberté, elles sont toujours légères et leur densité oscille entre 2,6 et 2,7. Au contraire, les roches qui ne contiennent pas de silice libre contiennent généralement des oxydes métalliques à l'état prédominant. Par un phénomène inverse au précédent, c'est donc l'élément basique qui y domine : on les appelle *roches basiques*. En général, elles sont lourdes, leur densité est en moyenne de 3. Le plus souvent, la présence des oxydes métalliques dans ces roches leur communique une couleur foncée en même temps qu'une densité plus grande. Les minerais de fer en particulier sont dans ce cas.

Enfin, la troisième catégorie de roches est celle des roches ne contenant ni acide ni base en liberté ; on les appelle des roches neutres et leur densité moyenne est de 2,75. Ainsi les roches se classifient naturellement et au point de vue de leur aspect la couleur claire indique l'acidité de la roche ; la couleur foncée indique sa basicité.

Roches sédimentaires.

Les roches des trois catégories que nous venons d'indiquer sont, comme tous les éléments de l'écorce terrestre, soumises à la désagrégation et de

cette désagrégation résulte les particules que les Océans, dans les étapes successives qu'elles ont parcourues à la surface de la terre, ont déposées en lits horizontaux superposés (1).

Les sédiments ainsi formés sont les uns « arépacés » à la façon des sables, des graviers, des galets; quelquefois leurs éléments s'agglomèrent pour devenir des grès et former des conglomérats variés, mais les sédiments peuvent être aussi argileux, donnant ou des argiles proprement dites ou des vases. Les argiles peuvent être tantôt massives et tantôt feuilletées. A ce dernier état, les argiles s'appellent des *schistes* et quand les schistes sont durs et en lits très minces ils forment les *ardoises*.

Enfin, dans les phénomènes de désagrégation interviennent les réactions chimiques combinées avec l'action de l'eau, avec la pression, l'action des variations de température. Les eaux courantes déposent enfin une grande quantité de matières organiques; de là résultent des dépôts qu'on appelle des dépôts organiques qui sont formés ou uniquement d'amas de débris d'êtres vivants ou simplement qui contiennent des inclusions de débris calcaires d'animaux, de coquilles, etc....

Les plus importants de ces dépôts organiques sont les *calcaires* parmi lesquels, au premier rang, se place le marbre. On trouve aussi des calcaires à foraminifères, des calcaires marneux, des calcaires à polypiers. La pierre de construction si dure et bien connue sous le nom de pierre de Comblanchien est caractéristique, avec les petites coquilles que le poli

(1) On peut se demander quelle est l'origine de la discontinuité apparente des terrains sédimentaires. Ces terrains se sont déposés dans le lit des océans primitifs et leur nature a changé toutes les fois que les matières en suspension ou en dissolution dans ces terrains étaient modifiées. La constitution du milieu changeant, il en résultait des modifications dans la faune et dans la flore. De là l'origine des couches différentes à fossiles différents.

fait apparaître à la surface. Enfin, rappelons que la craie, qui est du carbonate de chaux, si friable, si facile à tailler, contient des myriades d'enveloppes de globigérines et d'algues microscopiques associées à des petits grains de carbonate de chaux.

Lorsque des matières végétales ont été enfouies pendant très longtemps dans la terre, elles se sont minéralisées donnant naissance à des combustibles qui comprennent la *tourbe*, la *lignite*, la *houille* et, enfin, l'*anthracite* qui est le terminus de l'évolution de la matière végétale vers la forme minérale. La houille, même la plus compacte, conserve toujours des traces de son organisation primitive, c'est-à-dire végétale que l'analyse chimique et souvent même le microscope permettent de déceler d'une façon non douteuse.

Fossiles.

D'après cela, on voit que le rôle de la vie des âges passés intervient même dans l'étude des roches. Parmi les amas considérables, souvent la trace de la vie dans les âges écoulés se manifeste autrement. Les roches ne sont plus formées de petits éléments microscopiques agglomérés, de débris d'êtres disparus; mais on retrouve, enclavés dans des terrains de diverses sortes, les squelettes entiers des animaux passés : ce sont les *animaux fossiles*.

C'est au grand Cuvier qu'était réservée la gloire de montrer l'importance de leur étude, importance qu'il a le premier mise en évidence et l'on peut dire que l'étude de la géologie proprement dite date de l'introduction de celle des fossiles.

La variété de ces animaux dont beaucoup représentent des espèces aujourd'hui disparues, leur répartition par familles identiques dans des terrains toujours les mêmes est un des moyens les plus sûrs

d'étudier les formations du passé. Tantôt on trouve le fossile tout entier, tantôt, au contraire, on ne trouve que son empreinte, empreinte de son crâne, de son squelette, quelquefois de ses pas, quelquefois même simplement de ses excréments. On a donné à ces derniers produits minéralisés le nom de *coprolithes*. Aucun de ces documents n'est négligeable et c'est en les groupant systématiquement que l'on est arrivé à édifier l'histoire du passé de la terre.

Histoire de la Terre par époques géologiques

Maintenant que nous connaissons les éléments qu'il y a à étudier, voyons comment l'esprit humain s'est servi de ces éléments pour arriver à reconstituer l'édifice du passé.

On s'est servi, dans l'histoire de la science géologique, de trois méthodes. Aucune de ces méthodes prise isolément n'est suffisante mais le groupement des trois constitue l'un des moyens les plus certains d'arriver à la vérité sur les époques écoulées.

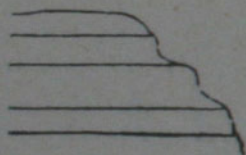


Fig. 25. — Type simple de stratification.

Au début de la science, on avait pensé que l'étude des roches devait suffire à raconter l'histoire de la terre. On avait donc partagé cette histoire en périodes, comme l'âge du grès, l'âge du granit, l'âge du porphyre, l'âge du calcaire.

Evidemment, à première vue, à l'époque où la géologie n'était pas encore faite, une pareille classification devait sembler suffisante. C'est la *méthode lithologique*.

Il suffit de se rappeler ce que nous avons dit des constitutions sédimenteuses successives pour montrer que dans une même mer dont le fond est formé d'une même roche, les dépôts successifs peuvent se

superposer. Aussi a-t-on vite renoncé à employer exclusivement l'étude des roches pour faire l'histoire de la terre et s'est-on hâté d'y joindre l'étude des stratifications, c'est-à-dire d'employer la *méthode stratigraphique*.

Le principe de cette méthode peut s'énoncer en une ligne. Il repose sur un axiome qui est presque de toute évidence si l'on réfléchit à l'origine des sédimentations : c'est que de deux couches superposées, c'est la couche supérieure qui est la plus jeune. C'est ainsi que l'on peut déterminer l'âge des chaînes de montagnes, que l'on peut déterminer



Fig. 26. — Stratification des roches, dite stratification *relevée* (inclinée). Le chemin qui prend l'eau versée sur la surface d'une couche inclinée indique le point de l'horizon vers lequel *plonge* ~~coache~~, ce qui est indiqué par les flèches.

l'âge relatif des roches éruptives, même quand elles ne contiennent que des roches d'origine éruptive et non stratifiées car souvent le phénomène éruptif se traduit par un filon métallifère injecté comme une lame de hache à travers une couche de terrains. Toutes les fois que deux filons se rencontrent on peut affirmer également que le filon qui passe à travers l'autre est le plus jeune des deux.

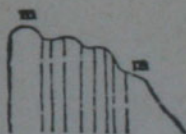


Fig. 27. — La stratification relevée est ici verticale.

Mais quelque grand que soit le perfectionnement apporté par la méthode stratigraphique, lorsqu'on l'ajoute à la méthode lithologique, il y a des cas où elle peut laisser l'esprit incertain. Par exemple, quand des couches ont été plissées et renversées, ce qui peut arriver, il peut se produire un phénomène analogue à celui qui se produit quand on plie en masse les feuilles d'une brochure. Les élé-

éléments de la couverture du dessous du livre arrivent à la surface et, par conséquent, si on se borne à l'étude des stratifications, on pourrait conclure, dans ce cas, à l'ancienneté relative des couches qui sont les plus jeunes (fig. 25 à 32).



Fig. 28. — Type de stratification plus complexe. Des couches inclinées ou relevées sont recouvertes de couches horizontales. Les premières avaient déjà été déplacées de leur position primitive lorsque les secondes se sont déposées.

Mais c'est alors qu'intervient avec sûreté la troisième méthode, c'est la *méthode paléontologique*, c'est-à-dire celle qui est basée sur l'étude des fossiles (1).

Ces fossiles nous apprennent d'abord l'ancienneté de la vie à la surface du globe; ils nous apprennent que les êtres d'autrefois avaient des formes bien différentes de la plupart des animaux contemporains,

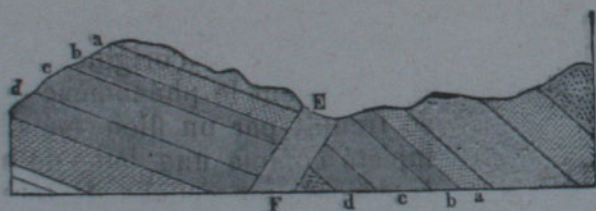


Fig. 29. — Les couches a, b, c, d, ayant été soulevées plus fortement d'un côté que d'un autre par une masse rocheuse E, F, sortie de la profondeur. L'affaissement de roche peut avoir produit un phénomène semblable.

mais ils nous fournissent l'indication la plus précise que nous leur demandons dans le but que nous poursuivons : ils nous permettent de déterminer le milieu dans lequel ils ont vécu et les conditions de dépôt des couches auxquelles ils appartiennent. Ce n'est pas tout : de même que les animaux ont changé avec

(1) On verra, en outre du petit traité de Géologie de M. Boule, très clair, très illustré, qui utilise si judicieusement la méthode paléontologique, le Chapitre IX de l'*Histoire de la Terre* de M. de Launay, p. 275 et suivantes, pour les considérations générales sur cette méthode.

le temps, de même on trouve dans les couches des âges disparus des fossiles essentiellement différents. Ainsi une certaine couche renferme toujours la même catégorie d'animaux fossiles : on les appelle alors les *fossiles caractéristiques* de cette couche. On a donc pu dire à juste titre que les fossiles jouaient pour le géologue le même rôle que les monnaies pour l'archéologue. L'ensemble des monuments du passé représente pour l'archéologue les grandes lignes d'une civilisation qui a pu durer des années et même des

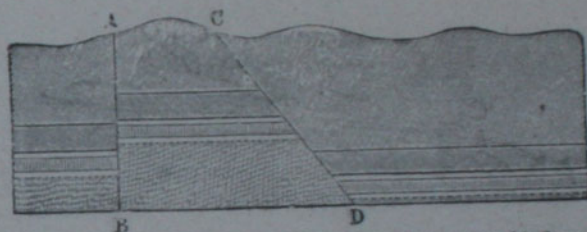


Fig. 30. — La partie A, B, C, D, a été soulevée sous l'influence d'une pression interne.

siècles, tandis que dans les ruines de ces monuments les monnaies permettent de spécifier des époques plus courtes auxquelles peuvent se rapporter des inscriptions. Les fossiles jouent exactement le même rôle dans l'ensemble de l'évolution terrestre, ils permettent de préciser certaines périodes plus courtes et qui sont caractérisées par leur présence exclusive.

C'est en groupant habilement ces trois méthodes d'investigation que l'on a pu établir la chronologie relative des terrains. Disons « relative » et évitons avec soin le mot d'« absolu » parce que, dans l'étude que nous allons entreprendre, l'année est une subdivision trop minuscule pour qu'on puisse en tenir compte. C'est par siècles et par milliers et même millions de siècles qu'il faut évaluer la durée des périodes géologiques. Quelle est exactement cette durée?... On n'est même pas certain de son ordre

de grandeur; ce qui est probable c'est qu'elle s'exprime par des nombres immenses, analogues aux nombres auxquels l'astronomie nous a habitués pour exprimer les distances des astres entre eux et c'est déjà beaucoup d'avoir pu acquérir la notion de l'im-

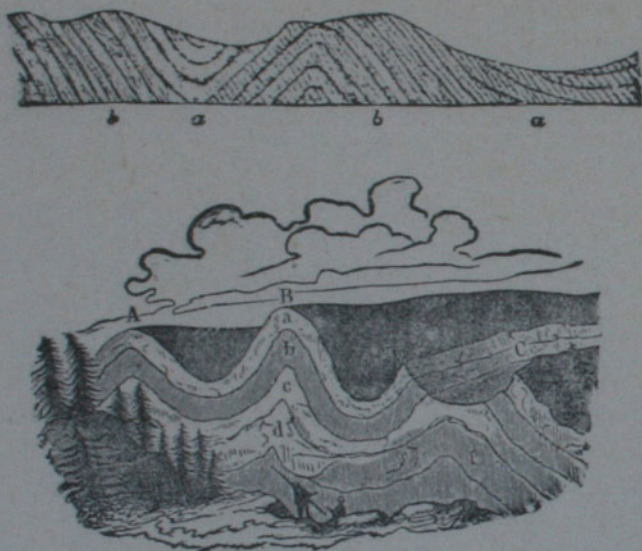


Fig. 31 et 32. — Couches primitivement horizontales, devenues sinuées sous des influences postérieures.

Dans la fig. 32, on remarque, en outre, des hachures qui indiquent dans les couches arquées une structure schisteuse, survenue plus tard, dont les lames ont une direction particulière tout à fait indépendante de celles des couches, tantôt perpendiculaire (*a a*), tantôt parallèle (*b b*) à celles-ci. Ces irrégularités dans l'allure des couches, qui sont ou ondulées, ou en zig-zag, ou même quelquefois rompues, sont attribuées à une très forte pression éprouvée latéralement par la stratification.

mensité de ces périodes que les légendes d'autrefois appelaient simplement des *jours*!! Et pour continuer notre comparaison entre l'anthropologie et la géologie de même que l'histoire de l'humanité comprend une série de périodes séparées par des événements considérables et dont chacune a été marquée par le développement d'un ordre déterminé de civilisation

(âges de bronze, de fer, époque romaine, Renaissance), de même dans l'histoire de la terre nous aurons de grandes divisions que l'on appelle des *ères* et auxquelles les géologues ont donné les noms respectifs d'ère primaire, d'ère secondaire, d'ère tertiaire et d'ère quaternaire

Et pour pousser encore plus loin la comparaison, de même que chacune des grandes périodes de l'histoire est divisée en époques ou en règnes dans lesquels interviennent les événements politiques, de même chaque *ère* est divisée en plusieurs *périodes* et chaque période est, à son tour, subdivisée en *époques*. L'ensemble des terrains qui ont pris naissance pendant une époque s'appelle un *étage*, l'ensemble des étages qui correspond à une période s'appelle un *système* et l'ensemble des systèmes qui correspond à une ère s'appelle un *groupe*, en remarquant avec soin qu'il ne faut pas confondre des mots qui, d'après cela, sembleraient synonymes. Un groupe et une ère, un système et une période, un étage et une époque ne sont pas des expressions identiques, les premiers s'appliquent aux terrains et les seconds aux *durées* pendant lesquelles ils se sont établis. Ainsi les géologues ont constitué une nomenclature aujourd'hui universellement adoptée par les savants de toutes les nations et à l'aide de laquelle on peut suivre très nettement l'histoire de la terre suivant qu'on la considère dans le temps ou dans l'espace.

Nous n'avons pas à entrer dans les détails de toutes les époques aujourd'hui individualisées par la science; on en compte soixante parfaitement caractérisées. Nous allons simplement indiquer les caractères principaux des grandes divisions, c'est-à-dire des ères géologiques.

Toutefois, avant de nous livrer à ce travail, faisons remarquer au lecteur que cette notion d'*ères*, c'est-à-dire de périodes de l'Histoire de la Terre nette-

ment séparées, n'est qu'un procédé d'études. En réalité, *l'évolution est continue* nous l'avons dit et nous le répétons, il n'y a pas de « cataclysmes » qui marquent des séparations entre des périodes successives ; si parfois un fait géologique prend à nos yeux l'aspect d'une révolution, c'est que nous en jugeons l'importance d'après notre propre importance, à nous, dans le temps et dans l'espace. Qu'est en effet une éruption volcanique soudaine à l'égard des lentes transformations du monde pendant les milliards d'années et les continuelles, permanentes modifications qui s'accomplissent par évolution lente ? Une éruption n'est qu'un moment très court, sans importance bien appréciable. Les pluies pour ne rappeler qu'un seul exemple qui jettent continuellement des torrents d'eau dont le renouvellement modifie l'aspect de la planète ont une importance autrement grande que les éruptions volcaniques !

L'ère primaire correspond au groupe des terrains primaires et ceux-ci commencent avec les couches de l'écorce terrestre dans lesquelles apparaissent les premiers animaux fossiles. Ces animaux étaient tous des espèces inférieures et ne comprenaient guère que des êtres invertébrés, des coquilles ou des insectes ; aussi désigne-t-on souvent cette ère primaire sous le nom d'*ère paléozoïque*, du mot grec « *paléos* » qui signifie « ancien » et « *zoon* » qui signifie « animal ». C'est dans l'ère primaire qu'apparaît la classe la plus inférieure de l'embranchement des vertébrés, les poissons ; à la fin de cette période et au commencement de la suivante, les amphibiens.

Dans *l'ère secondaire* la vie animale a vu apparaître des espèces plus parfaites, beaucoup de poissons et de reptiles et ceux-ci d'une puissance infiniment plus grande que les espèces que nous voyons encore aujourd'hui. A la fin de l'ère secondaire se

montrent les premiers oiseaux. On l'appelle souvent l'ère *mésozoïque*.

Dans l'ère *tertiaire*, la vie animale se perfectionne encore. Nous voyons apparaître alors, à la place des reptiles, dont les plus énormes disparaissent, les mammifères, c'est-à-dire des animaux qui annoncent déjà la venue des espèces que nous connaissons aujourd'hui.

Enfin, l'ère *quaternaire*, ère dans laquelle nous vivons encore, a été caractérisée dans l'histoire de la terre par le plus grand événement qu'ait certainement marqué l'évolution de la planète : par l'apparition de l'homme qui a su modifier la surface de la terre, moins par sa force que par son intelligence et sa volonté à l'aide desquelles il a utilisé les forces de la nature, sachant les asservir à tous ses besoins et souvent, hélas ! à toutes ses passions.

Maintenant, comment ces ères ont-elles été séparées l'une de l'autre ? Il est probable, certain, même, que comme tous les phénomènes de la nature, l'évolution de l'écorce a été un phénomène continu. Si l'on considère l'épaisseur des terrains correspondant à chacune de ces ères, on voit immédiatement qu'elles ont dû avoir des durées très différentes. Ainsi l'ère primaire a été plus longue que la secondaire, laquelle a été plus longue que la tertiaire et nous ne pouvons rien affirmer quant à l'ère quaternaire puisque nous sommes actuellement dedans, mais ce que nous pouvons dire c'est que depuis l'époque où elle a commencé elle a été la plus courte des quatre.

Mais ces quatre ères correspondent à l'histoire de la terre à partir de l'époque où la vie y fit son apparition. Il y a eu une période antérieure à toutes celles-là, celle pendant laquelle s'est faite la solidification de l'écorce, solidification dont nous avons parlé au début de ce livre.

Lorsque le noyau central s'est pris en croûte,

lorsque les vapeurs qui entouraient la planète se sont condensées en pluies formidables d'intensité et de durée pour constituer les premiers océans, à cette époque les conditions de température étaient encore trop élevées pour permettre l'apparition de la vie. Des roches provenant directement de la cristallisation du noyau formaient alors, seules, la surface de la terre et dans celles-là il est impossible que l'on trouve des fossiles puisqu'elles correspondent à des conditions de vie impossible.

Ces roches existent et se trouvent au-dessous de toutes les autres ; elles constituent une catégorie de terrains, la plus ancienne de toutes, que l'on appelle des *terrains archéens*. C'est donc par eux que doit commencer l'étude de la terre.

Terrains archéens.

Les terrains archéens se rencontrent dans toutes les parties du monde, lorsqu'on a creusé le sol assez profondément pour arriver à traverser les terrains primaires. Ils sont formés de roches que l'on appelle cristallophylliennes, parce qu'elles sont à la fois cristallisées comme les roches éruptives et disposées en feuilles comme les roches sédimentaires. Le fait qu'ils proviennent de la cristallisation de l'écorce terrestre, cristallisation qui s'est faite par refroidissements successifs, explique tout naturellement qu'il en soit ainsi.

Les principales de ces roches sont le *gneiss* et le *micaschiste*. Très rarement horizontaux, les terrains archéens présentent toujours des couches relevées avec de nombreux phénomènes de plissements et des cassures, ce qui est tout naturel si l'on veut se reporter aux convulsions primitives de l'écorce.

Les terrains archéens renferment entr'autres mi-

néraux des roches très fréquemment utilisées par l'homme pour les besoins de son existence, par exemple le granit, le kaolin, des pierres précieuses comme le saphir, l'émeraude, le grenat, la topaze ; un minéral aujourd'hui précieux dans la mécanique industrielle : l'amiante, utilisée pour les joints de vapeur et dans l'industrie électrique, et enfin, le graphite ou plombagine. Mais ce qui caractérise aussi ces terrains archéens c'est la fréquence des *filons métallifères* qu'il ne faut pas confondre avec les *filons de roches éruptives* (1).

Ère primaire.

L'ère primaire a commencé avec l'apparition de la vie. Les animaux étaient, comme nous l'avons dit, très différents de ceux que nous voyons actuellement. Les fossiles de cette ère primaire appartiennent presque exclusivement aux groupes inférieurs du règne animal et du règne végétal. Les végétaux à fleurs, les arbres à feuilles n'existent pas encore et quant aux animaux, ce ne sont que des invertébrés, des poissons à écailles et, tout à fait à la fin de l'ère primaire seulement, des quadrupèdes très élémentaires analogues à des grenouilles, c'est-à-dire des amphibiens.

Mais quelle que soit la simplicité des premiers êtres vivants, leur nombre est considérable. Les végétaux étaient surtout des cryptogames et ce qu'il y a de très curieux, c'est qu'en même temps que l'ère primaire représente l'apparition de la vie, la vie y a laissé la trace de son origine même ; c'est ainsi qu'on trouve des traces de *microbes fossiles* et

(1) Les terrains archéens apparaissent encore parfois à la surface de la terre. En Bretagne par exemple. Ils correspondent aux premières îles qui ont émergé de la surface des océans primordiaux.

si nous ne voulons pas nous servir du mot vulgaire de microbes qui est, aujourd'hui, passé dans le langage courant, nous dirons que l'on a trouvé des empreintes de *bactéries*, ce qui revient au même. On en a trouvées de rondes, analogues à ce que nous

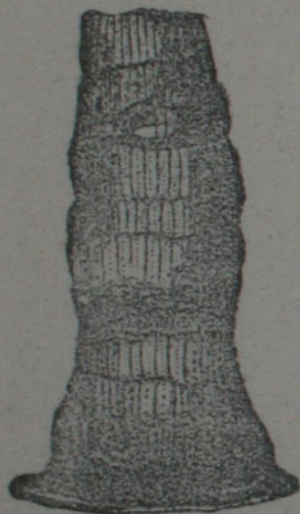


Fig. 33. — Base de Sigillaires. Gigantesques lycopodes de l'époque carbonifère, pouvant atteindre jusqu'à 20 et 30 mètres de hauteur.



Fig. 34. — Fragment de tronc de *Lepidodendron*, gigantesques lycopodes ayant jusqu'à 30 mètres de hauteur. Les cicatrices régulières de l'écorce sont les points d'insertion des feuilles tombées. Cet arbre se bifurquait régulièrement plusieurs fois, et les dernières ramifications seules portaient des bouquets de feuilles.

appelons aujourd'hui les *micrococcus*, on en a trouvées d'allongées, identiques à ce que nous appelons aujourd'hui des *bacilles*. Ce ne sont pas à proprement parler les microbes eux-mêmes qu'on a trouvés, mais les empreintes qu'ils ont laissées dans des terrains très mous à grain très fin, empreintes qui se sont durcies, puis minéralisées par la suite des temps.

Quant aux végétaux cryptogames qui, aujourd'hui, sont des espèces chétives telles que les *éprèles* et les

fougères, c'étaient, au contraire, à l'époque primaire, des végétaux d'un aspect imposant; rappelons simplement les empreintes gigantesques que les fougères de cette ère ont laissées dans les terrains houillers dans lesquels on a découvert des troncs entiers de végétaux primaires (fig. 33 à 35).

Quant aux animaux, les plus anciens terrains primaires renferment des débris de *foraminifères* et de *radiolaires* et il n'est pas sans intérêt de remarquer que même *de nos jours ce sont les foraminifères et les radiolaires qui constituent les dépôts d'une grande partie des fonds océaniques.*

Les coraux étaient très répandus dans les mers primaires (fig. 36) et beaucoup d'animaux appelés brachiopodes (fig. 37 et 48) enfermés dans des coquilles à deux valves caractérisent également cette époque. On peut dire que tous les groupes actuels de mollusques (fig. 40 et 41) étaient représentés à l'ère primaire.



Fig. 35. — Fossile de *pecopteris truncata* avec ses fruits encore reconnaissables (terrains houillers).

Mais l'animal caractéristique et important par excellence, c'est le *trilobite* (fig. 39), animal articulé

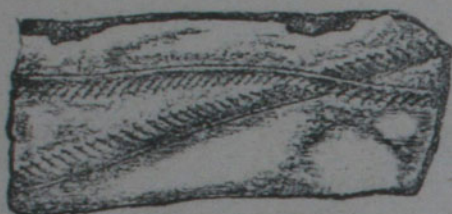


Fig. 36. — Graptolites (du grec *graptos*, écrit et *lithos*, pierre, à cause des petites empreintes qu'elles forment, comparables à des caractères d'écriture). Grossies environ deux fois. Chacune des petites loges visibles renfermait un polype. (Ère primaire).

qui vivait dans les mers primaires. Les trilobites avaient une série de pattes qui leur servaient à la fois à se mouvoir et à respirer. Ils sont exclusifs de l'ère primaire, on n'en a jamais rencontré dans les terrains plus récents.

On voit donc combien est intéressante l'étude des fossiles dans le cas où

l'on a affaire à des couches plissées, car si dans une couche affleurant superficiellement l'écorce terres-



Fig. 37. — *Spirifer* brachiopode très connu vers le milieu des temps primaires. (Leur nom vient de ce que leurs bras étaient supportés par deux lames calcaires disposées en spirales).

tre et à laquelle les similes déductions de la stratigraphie conduiraient à attribuer un âge moins

avancé on vient à rencontrer des trilobites, on peut être sûr, au contraire, que cette couche appartient à un terrain de l'ère primaire et que c'est par une convulsion ultérieure qu'un plissement l'a ramenée à la surface.

C'est également dans l'ère primaire que se rencontrent des animaux articulés sur les continents, car si la vie est apparue dans les Océans elle est apparue également sur les terres. Ainsi de gigantesques cloportes, des araignées, des scorpions et d'énormes insecte sont commencé à se montrer. Citons en particulier *des libellules qui avaient 70 centimètres d'envergure d'ailes*.

Quant aux animaux vertébrés, c'est-à-dire pourvus d'un squelette osseux à vertèbres alignées, les premiers qui aient apparu sur la terre sont les *poissons* d'ailleurs fort différents de nos poissons contemporains (fig. 42 et 43). Leur colonne vertébrale n'était pas complètement ossifiée mais, en revanche, leur corps était revêtu d'une épaisse cuirasse. On les appelle souvent les poissons cuirassés. Enfin, tout à la fin de l'ère primaire, on a vu apparaître les premiers quadrupèdes, batraciens analogues à des grenouilles dont quelques-uns avaient près d'un mètre de long.

Quel est maintenant, au point de vue de l'aspect des terrains, le caractère général de l'ère primaire ?

Les terrains primaires sont le plus souvent constitués par des roches détritiques, grès et schistes, qui



Fig. 38. — Pentamerus, type de brachiopodes, animaux composés de deux valves, l'une dorsale, l'autre ventrale. Du sommet de la valve ventrale se détache un pédoncule au moyen duquel l'animal se fixe. Leurs coquilles sont très abondantes dans les terrains primaires.

reposent toujours directement soit sur le granit soit sur les terrains archéens. L'ère primaire a dû durer très longtemps car son épaisseur moyenne est de 18 kilomètres, aussi a-t-il fallu subdiviser cette ère.



Fig. 39. — Trilobite (ainsi nommé parce que son corps composé de trois parties : tête, thorax et abdomen ou pygidium, est divisé longitudinalement en trois lobes) articulé de l'ère primaire.

Les divisions principales que l'on y a tracées sont au nombre de quatre. Ce sont : *les périodes silurienne, dévonienne, carbonifère et permienne*. Comme nous l'avons dit, chacune de ces périodes est subdivisée en plusieurs époques dans le détail desquelles nous n'entreons pas.

Pendant toute la durée primaire, la répartition relative des terres et des mers, autrement dit la géographie de la terre, était différente de la géographie actuelle (fig. 44 et 45). Un morceau de l'Amérique du Nord, tout le Groënland, tout le nord de l'Atlantique formaient une immense terre ferme, un véritable continent boréal. Au Sud de ce continent une vaste mer faisait tout le tour de la terre et, enfin, sur l'Amérique équatoriale, sur l'Atlantique Central, sur presque toute l'Afrique s'étendait un immense continent que l'on appelle Continent Tropical.

Les grandes chaînes de montagnes actuelles, Alpes, Pyrénées, Himalaya, Cordillères, n'existaient pas. Au cours de l'ère primaire, ces emplacements respectifs de la terre ferme et de l'océan ont dû subir des variations nombreuses, tantôt augmentant, tantôt diminuant le domaine continental.

Au début de l'ère primaire les couches n'avaient pas encore acquis la consistance que le nombre de



Fig. 40. — Nautile. — Mollusque gastéropode de l'ère primaire, très ressemblant au nautile qui vit actuellement dans les mers chaudes du Pacifique.

siècles qui s'est écoulé depuis leur ont communiquée, aussi les éruptions volcaniques y étaient-elles extrêmement fréquentes et les volcans très nombreux. On aperçoit encore la trace de ces volcans dans les terrains primaires, par exemple dans le Massif Central de la France (fig. 7).

Le climat devait y être uniforme et la nature des fossiles, des animaux et des végétaux montre que la température devait y être excessive. La preuve en est que l'on trouve des coraux dans les terrains primaires du Spitzberg.

C'est dans les terrains primaires que l'on trouve tous les combustibles utilisés aujourd'hui par l'homme et extraits des profondeurs de la terre.

Les combustibles utilisés par l'homme abondent dans le dévonien et dans le carbonifère (fig. 64). Dans le premier, on trouve l'antracite et dans le second, surtout à sa partie supérieure, se trouve la houille. L'antracite, le plus pur des combustibles usuels, contient environ 95 0/0 de carbone ; toutefois, il s'enflamme et brûle plus difficilement que la houille, aussi son emploi est-il tout désigné pour les poêles, aujourd'hui si répandus, que l'on appelle poêles à combustion lente.

La houille ne renferme qu'environ 80 0/0 de carbone et brûle très facilement. La houille grasse sert à faire le gaz d'éclairage et réduite en fragments et agglomérée à l'aide de substances bitumeuses elle est employée pour le chauffage des machines sous forme de briquettes à contours géométriques que



Fig. 41 — *Murchisonia blematz*, mollusque gastéropode de l'ère primaire.

ÈRES		CARACTÈRES GÉOLOGIQUES DE CHAQUE ÈRE	
QUATERNAIRE			
Creusement des vallées. Extension des glaciers. Faune et flore actuelle.		Blocs erratiques. Alluvions anciennes.	
TERTIAIRE	4. Pliocène.	Marnes grises. Grès argileux, sables, calcaires lacustres (Brie, Beauce). Gypse, calcaire grossier. Argil.	
	3. Miocène.		
	2. Oligocène.		
	1. Eocène.		
Accroissement des continents. Oscillations du sol.			
SECONDAIRE	3. Crétacé.	Craie { jaune, blanche, marneuse, verte. Argiles. Sables verts. — — d'eau douce Calcaire lacustre — compact. — à polypiers. — oolithiques. Argiles. Lias (grès, calcaires). Argile, Sel gemme. Calcaire, Coquilles. Grès des Vosges.	
	2. Jurassique.		
	1. Trias.		
	Composée de roches calcaires et argileuses et de grès. Dépôts marins effectués dans des océans calmes. Période de repos.		
PRIMAIRE	4. Permien	Calcaire, Schiste. Grès rouge. Calcaires compacts. Grès divers. Schistes (ardoises). Quartz. Schistes cristallins.	
	3. Carbonifère.		
	2. Dévonien.		
	1. Silurien.		
	✶ Précambrien. (Période de transition ressemblant aux derniers archaéozoïques.)		
PRIMITIVE ou ARCHEENNE		Chloritostschistes. Gaeiss et micachistes. Gneiss granitoïde fondamental	
(Formé par voie de refroidissement à la surface du globe et constituant la première écorce solide dans laquelle les masses d'origine sont en raison.)			

Les âges sont indiqués en résumé l'Histoire de la Terre. Nous avons indiqué pendant cette ère à leur maximum de développement. Ils ne sont cependant pas les âges précédents et leur descendance se montre encore dans les âges suivants.

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES DE CHAQUE ÈRE	FORMATIONS ÉRUPTIVES	HISTOIRE DE LA STRUCTURE
L'Homme.	Volcans.	Diluvium et Alluvium.
Nummulites. Développement et abondance des Mammifères.	Eruptions de trachyte et basalte.	Fente de la mer Rouge. Effondrement de la mer Egée, de l'Atlantique (fin), de l'Adriatique. Déroit de Gibraltar. Plissement de l'Atlas, de l'Apennin, de l'Himalaya, des montagnes Rocheuses des Alpes, Karpathes, Balkans, Jura Caucase, dessèchement de la mer Méditerranée. Evaporation de la mer long des Alpes. Soulèvement principal des Pyrénées. Plissement des montagnes Rocheuses des Pyrénées, de la Provence. Extension de la Méditerranée.
Ammonites. Ois a x. Règne des Reptiles. Poissons osseux. Amphibies.	Période de non activité, les roches éruptives manquent sur toute cette étendue.	3. Expansion et recul de la mer en Europe 2. Expansion de la mer en Europe.
Premiers reptiles Ganoides. Poissons en grande abondance Trilobites.	Eruptions porphy- riques. Eruptions des roches granitoïdes.	Recul de la mer. 3. Plissements hercyniens (Europe centrale, Oural, Appalaches) 2. Plissements Calédoniens (Ecosse, Norvège, Montagnes vertes). Ex- pansion de la mer en Europe. Plissement précambriens (zone boréale).
Pas de fossiles.	Eruptions granitoïdes matières en fusion.	

é comme caractères paléontologiques de chaque ère les types d'animaux arrivant
entièrement propres à une ère déterminée. Leurs ancêtres se sont montrés dans
ants.

l'on peut empiler les unes sur les autres de façon à leur faire occuper le volume minimum, ce qui est précieux pour le chargement des navires.

Nous avons en France deux grandes régions de houille : la région du Nord (bassins d'Anzin et de

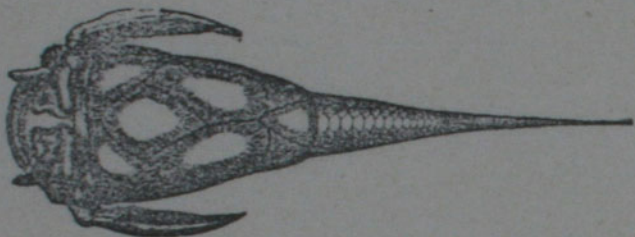


Fig. 42. — *Pterichys* d'Ecosse, petit poisson avec une carapace qui l'a fait considérer tantôt comme un coléoptère, tantôt comme un chélonien. Ses pattes sont articulées comme celles d'un crustacé.

Valenciennes) et la région du Massif Central. Les bassins du Nord qui sont les plus riches sont la continuation des bassins analogues existant en Bel-

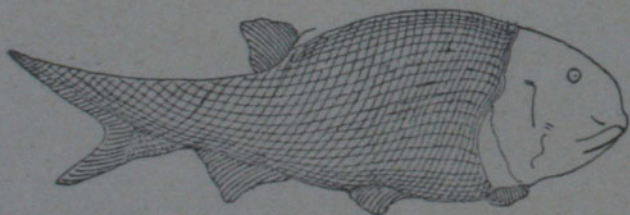


Fig. 43. — Poisson primaire à queue hétérocerque.

gique et en Allemagne. Les bassins du Massif Central sont surtout ceux du Creusot, de Saint-Etienne, de Carmaux, de Decazeville, de Commentry, etc....

Quelle est l'origine de la houille ? C'est une des questions les plus intéressantes de la géologie. La houille a été formée dans des marais par la carburation lente des végétaux. Une preuve de ceci c'est que l'on trouve souvent dans les mines de houille

des troncs d'arbres entiers fossilisés, mais, souvent, elle provient de l'agrégation de débris de petites di-

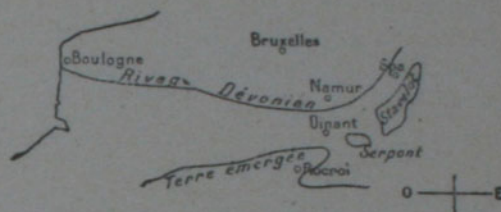


Fig. 44. — Déroit westphalien au début de la période dévonienne montrant la répartition des terres dans le nord de la France,

mensions accumulés dans des eaux devenues stagnantes et certaines houilles, vues au microscope,



Fig. 45. — Distribution probable des terres en France à la fin de l'ère primaire. Les anciennes lignes de rivage sont en pointillé.

apparaissent même comme des agglomérations d'une infinité de petits organismes végétaux.

La houille se présente en couches dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à quelques dizaines

de mètres. Ces couches ne sont presque jamais horizontales, elles se présentent sous forme de plissements compliqués et très souvent ces plissements correspondant à des fractures brusques de la portion d'écorce dans laquelle ils se trouvent sont, par suite, brusquement interrompus (fig. 46). Cela explique les surprises auxquelles on est souvent exposé lors de l'exploitation des couches houillères : telle couche semble extrêmement riche, très épaisse, on en commence l'exploitation par des galeries que l'on perce dans sa direction et, brusquement, on se trouve en

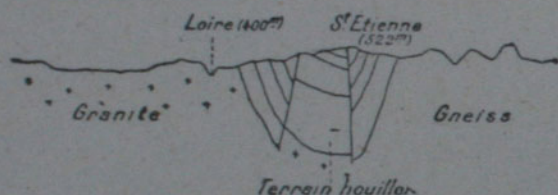


Fig. 46. — Coupe du terrain houiller des environs de Saint-Étienne.

présence d'une roche qui n'a plus rien de carbonifère ; on est arrivé, non à l'extrémité de la couche de houille, mais à un endroit où elle a subi une fracture. Il faut alors rechercher dans les roches, qui se dressent comme un obstacle imprévu, la suite de la couche dont on a été obligé d'interrompre l'exploitation et que l'on rencontre plus haut ou plus bas.

On voit, par cet exemple, combien l'étude de la géologie est précieuse non seulement au point de vue de l'intérêt scientifique qu'elle présente, mais au point de vue de ses applications.

L'exploitation de la houille se fait de deux manières : soit à ciel ouvert, soit dans des galeries. Citons, comme exploitation de la houille à ciel ouvert, le bassin de Decazeville où les couches sont horizontales et de grande épaisseur. On a donc intérêt,

dans ces conditions, à les exploiter au grand jour, mais le plus souvent il faut aller chercher les couches dans les profondeurs de la terre, trop loin pour qu'on puisse faire l'exploitation à ciel ouvert. Alors on creuse un puits vertical que l'on prolonge jusqu'à sa rencontre avec la ou les couches successives. Quand on est arrivé à couper une de ces couches, on perce des galeries perpendiculaires à la direction du puits : celui-ci sert alors d'organe principal à l'exploitation en permettant de descendre les ouvriers, de les remonter et de remonter également, à l'aide de treuils, les produits qu'ils ont extraits en un pénible et dangereux travail au fond des galeries.

Il serait peut-être bon d'ajouter ici — car il est triste de penser qu'aujourd'hui c'est encore brin à brin que l'homme est obligé d'arracher à la terre la houille, organe essentiel de toute son industrie — que les merveilles accomplies par les machines doivent leur existence à ce barbare et inhumain procédé d'exploitation. Il faut espérer que, dans un avenir prochain, l'électricité, qui en trente ans a fait tant de progrès, permettra d'utiliser les forces naturelles telles que les chutes d'eau, et surtout la chaleur directe du soleil et que pouvant transporter au loin l'énergie ainsi produite elle rendra complètement inutile l'exploitation des galeries houillères qui, d'ailleurs, à la longue, finiront fatalement par s'épuiser. Il est remarquable aussi que la houille n'est qu'une utilisation indirecte de l'énergie solaire, car c'est grâce à l'accumulation de la chaleur solaire dans la masse enfouie des matières végétales, que se sont formées les houillères et les tourbières. Par conséquent, la houille est un intermédiaire, si l'on peut s'exprimer ainsi, entre le producteur qui est le soleil et le consommateur qui est l'industriel et c'est un principe fondamental dans le commerce que tout intermédiaire est coûteux parce qu'il prélève son courtage.

C'est donc le plus simple bon sens qui commande de chercher à utiliser directement la chaleur du soleil, et l'utilisation de cette chaleur par échauffement direct d'appareils appropriés ou par l'utilisation des chutes d'eau qui en sont la conséquence immédiate s'impose de plus en plus.

Ère secondaire.

L'ère secondaire se distingue essentiellement de l'ère primaire parce qu'elle correspond à une ère de tranquillité relative, de repos de l'écorce terrestre.

On n'y a pas vu les grosses éruptions volcaniques qui ont caractérisé l'ère primaire et il n'y a pas eu ces grands soulèvements des chaînes de montagnes qui ont également caractérisé l'ère précédente.

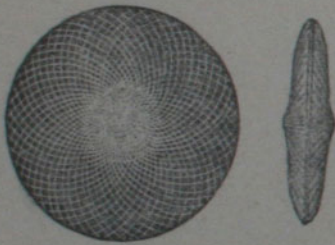


Fig. 47. -- Image très agrandie de foraminifères fossiles de la craie, genre *orbitoides*.

De même que l'ère primaire se distinguait par la présence des premiers fos-

siles qui étaient les trilobites, de même l'ère secondaire possède des fossiles caractéristiques : les *amonites* et les *bélemnites*. Dans l'ère primaire, les premiers animaux qui s'étaient développés étaient des animaux inférieurs, dans l'ère secondaire, au contraire, ce ne sont pas encore des animaux du type supérieur qui vont apparaître mais nous allons voir des animaux du type moyen, en particulier des grands reptiles et, tout à la fin de cette ère, apparaissent avec une petite taille et la dimension réduite d'un petit chat, les premiers mammifères.

Pendant l'ère primaire, les végétaux étaient surtout des cryptogames, pendant l'ère secondaire, ils disparaissent petit à petit et ce sont les *gymnospermes*

qui dominant. Puis on voit apparaître des palmiers et petit à petit se montrent les premiers végétaux dicotylédones et parmi eux des genres identiques aux genres actuels tels que les peupliers, les lauriers, les chênes.

Parmi les animaux marins, les coquilles microscopiques sont très répandues; les mers de cette époque avaient leur fond tapissé de radiolaires et de



Fig. 48. — Éponge fossile de l'époque secondaire (jurassique).



Fig. 49. — Encrine étoile de mer fossile à forme de lys, très fréquente dans le Trias moyen, auquel elle a fait donner le nom de calcaire encrinitique.

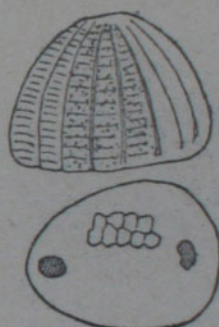


Fig. 50. — *Anachytes ovata*, oursin de la craie (très fréquent).

foraminifères (fig. 47) tout à fait semblables aux types actuels. Signalons aussi quelques éponges fossiles (fig. 48), des coraux et des oursins (fig. 49, et 50) et des Brachiopodes.

Les mollusques sont surtout représentés par des huitres (fig. 51) en bancs innombrables, presque chaque couche de terrain secondaire est caractérisée par une espèce particulière, mais les fossiles caractéristiques sont, comme nous l'avons dit, les ammonites et les bélemnites. Les ammonites

(fig. 53) sont des coquilles spiriformes ayant l'aspect général d'une coquille d'escargot, leur taille varie entre un ou deux millimètres de diamètre et plus d'un mètre et leur surface extérieure présente des dessins dont l'aspect varie à l'infini (fig. 55). Comme chacune de ces espèces d'ammonites caractérise une couche spéciale, on peut dire que ces coquilles constituent un des fossiles les plus intéressants parce que, suivant leurs aspects extérieurs, ils servent à caractériser dans le même terrain diverses espèces de couches.



Fig. 51. — Vue de l'époque jurassique (*ostrea marshii*).

Les bélemnites (fig. 54) étaient ce qu'on appelle des dix-branches et rappellent les calmars; leurs corps sont allongés comme des cigares dont ils ont à peu près la dimension.

Les animaux de la famille des bélemnites dont on a quelques empreintes, ressemblaient énormément aux seiches de nos océans contemporains et, comme presque tous les céphalopodes, ils avaient une poche contenant une sorte d'encre; cette encre a été trouvée, parfois, en parfait état de conservation, à tel point qu'on a pu, avec elle, dessiner à la sépia.

Les autres animaux de l'époque secondaire appartiennent aux types articulés, ce sont des crustacés et des insectes. On aperçoit déjà des formes de crustacés analogues à des homards ou à des crevettes, les insectes se sont perfectionnés et on a vu apparaître pour la première fois des animaux ressemblant à nos abeilles, à nos papillons, à nos fourmis. Les poissons-cuirassés que nous avons vus dans l'ère primaire ont disparu et font place à des poissons à écailles pour être remplacés petit à petit

par des poissons dont les vertèbres sont très nettement ossifiées. Mais ce sont surtout les reptiles qui caractérisent l'ère secondaire tant par leur existence même que par les dimensions exceptionnelles qu'ils ont acquises pendant la durée de cette ère. Les uns étaient marins, les autres terrestres et les troisièmes aériens.

Parmi les reptiles marins de l'ère secondaire il faut citer au premier chef les géants fossiles connus sous les noms d'*ichtyosaure* (fig. 57) et de *plésiosaure*. Les formes extraordinaires et énormes de ces animaux dont les spécimens sont conservés dans les galeries des Muséum d'Histoire Naturelle ont excité l'imagination de ceux des romanciers qui se plaisent à placer le théâtre des exploits qu'ils racontent aux époques dont nul vestige écrit ne nous est resté, et plus d'un peintre a tenu à figurer sur ses toiles le combat classique de l'*ichtyosaure* et du *plésiosaure*.

A la fin de l'ère secondaire, apparaissait dans les mers un autre reptile appelé *mosasaure* qui avait jusqu'à 20 mètres de longueur.

Les reptiles terrestres s'appellent des dinosauriens. Les uns avaient la taille d'un géant, d'autres atteignaient plus de 25 mètres, la plupart marchaient sur d'immenses pattes de derrière à la façon des kangourous. Citons parmi les plus extraordinaires l'iguanon, le trysératops et enfin le géant de tous ces



Fig. 52. — Hippurite, mollusque de la craie (1/2 de gr. naturelle).

animaux, le brontosauve dont la longueur dépassait 20 mètres; ils étaient tous herbivores.

Enfin, il y avait les reptiles volants. Il semble y avoir incompatibilité entre le substantif *reptile* qui éveille l'idée de ramper à la surface de la terre et l'adjectif *volant* qui exprime la faculté de s'élever dans les airs. Mais il ne faut pas oublier que nous décrivons des époques dans lesquelles les conditions de la vie étaient complètement

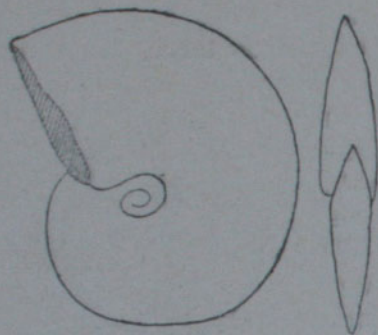


Fig. 53. — Ammonite.

différentes de celles que nous observons aujourd'hui. Nous avons, dans l'ère secondaire, des animaux bien caractérisés comme reptiles qui étaient pourvus d'ailes à la façon des chauves-souris : on leur donne le nom de ptérodactyles (fig. 58). Leur différence avec les chauves-souris était que chez ces dernières telles qu'elles vivent aujourd'hui, les ailes ont comme armature tous les doigts qui terminent les membres supérieurs et qui sont très allongés, tandis qu'au contraire chez les ptérodactyles de l'ère secondaire il n'y a qu'un seul doigt pour former l'armature de l'aile entière.

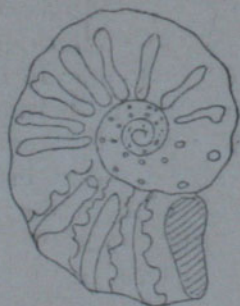


Fig. 54. — *Ceratites nodosus*. Ammonites de la première partie des temps secondaires montre par sa structure interne un degré de complication croissant.

Intermédiaire entre les cératites (du primaires) et les animaux proprement dits.

Enfin, tout à fait à la fin de l'ère secondaire, apparaissent les premiers oiseaux. Il n'y a pas d'erreur possible permettant de les confondre avec les ptéro-

dactyles car, alors que la peau de ces derniers était à peu près nue, la peau des oiseaux fossiles, au contraire, montrait des empreintes très nettes de plumes, par conséquent c'était bien les premiers oiseaux qui



Fig. 55. — *Turritites catenatus*, coquilles de mollusques caractéristiques de la craie, sortes d'ammonites déroulées et dont les tours sont disposés en hélices.



Fig. 56. — *Belemnites hastatus*, surnommé doigt du diable (jurassique). C'était une sorte de coquille interne de mollusque assez semblable à nos seiches.

avaient fait leur apparition. Les géologues les ont désignés sous le nom d'*archéoptéryx* (fig. 59).

L'*archéoptéryx* était un véritable oiseau, mais il se distinguait des oiseaux actuels par ce fait, qu'il avait des dents; il est un des types les plus remarquables qui marquent la continuité des espèces.

Enfin, pour terminer l'histoire des fossiles de l'ère secondaire, rappelons, comme nous l'avons fait dès



Fig. 57. — *Ichthyosaurus* (jurassique) lézard-poisson, sorte de crocodile de 12 m. dont les membres sont des nageoires.

le commencement de ce chapitre, que tout à la fin de l'ère secondaire sont apparus, d'ailleurs avec

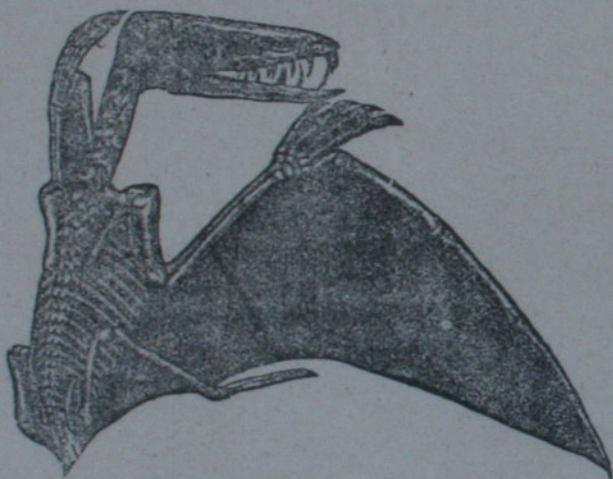


Fig. 58. — *Pterodactyle*, lézard volant qui fut pris d'abord pour un oiseau. En réalité, cet animal marque la transition entre les sauriens et les oiseaux, comme l'ichtyosaurus et le plésiosaurus marquent la transition entre les poissons et les sauriens.

une taille minuscule, les premiers mammifères (1).

* * *

Au point de vue des terrains, les géologues divi-

(1) On trouvera dans le petit manuel de M. BOULE (*Conférences de Paléontologie*, Paris, Masson), la reconstitution de tous les animaux dont nous venons de parler, d'après les documents du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

sent l'ère secondaire en trois périodes dont voici les noms : la *période du trias*, la *période du jurassique* et la *période du crétacé*.

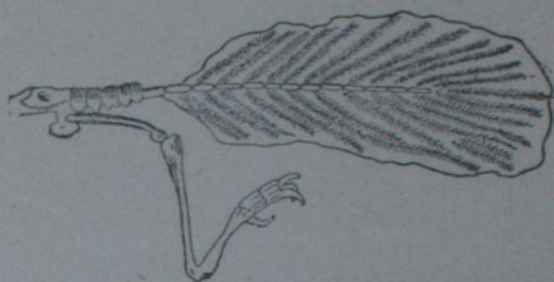


Fig. 59. — Queue et membre postérieur de l'*Archæopteryx*.

La période du *trias* est ainsi nommée parce que



Fig. 60. — La mer de Trias en Europe. Les terres émergées sont représentées par les parties hachurées (Début de l'ère secondaire).

les terrains qui la forment présentent presque toujours une division en trois parties, du grès à la partie inférieure, du calcaire au milieu et des marnes au-

dessus. Le trias est la véritable transition entre l'ère primaire et l'ère secondaire (fig. 60).

Les terrains *jurassiques* doivent leur nom au Jura où ils sont en quantité dominante; c'est dans le jurassique que l'on a trouvé la trace des immenses fossiles dont nous avons parlé tout à l'heure. Ils forment en France, une portion considérable de notre sol. Une immense bande de terrains jurassiques part des Charentes, traverse le territoire français en écharpe et va se terminer dans le Luxembourg : Poitiers, Bourges, Dijon, Besançon, Nancy, Metz



Fig. 61. — Méditerranée médio-jurassique (ère secondaire) avec les terres avoisinantes. Les hachures marquent les terres

sont dans le jurassique, qui renferme ainsi toute la haute vallée de la Meuse (fig. 62).

Enfin, les terrains *crétacés* doivent leur nom à la craie dont ils sont, la

plupart du temps, formés (fig. 63).

Pendant l'ère secondaire l'aspect général de la géographie du globe avait complètement changé (fig. 61). Les Deux-Amériques étaient en grande partie immergées, l'Amérique septentrionale était réunie au Groënland et aux terres polaires, l'Amérique du Sud était réunie à l'Afrique par un autre continent. Quant à l'Europe, la Scandinavie et la Finlande seules immergeaient complètement. En Asie, les parties hors de l'eau étaient une partie de ce qui est appelé la Chine et la Sibérie Orientale. Sur l'emplacement de l'Australie actuelle se trouvait également un continent assez important.

La température générale qui régnait sur la terre pendant l'ère secondaire était évidemment beaucoup

plus élevée que celle que nous subissons aujourd'hui car les végétaux qui caractérisent ce temps géologique, palmiers, etc... sont tous des végétaux qui exigent une température assez haute pour se développer librement; de même pour les animaux, on sait que les grands reptiles exigent de la chaleur.

L'homme utilise beaucoup de roches de l'ère secondaire parmi les matériaux dont il se sert pour



Fig. 62. — Distribution des terres en France, pendant l'ère secondaire. Les lignes de rivage sont en pointillé.

son industrie. Signalons au premier rang le grès des Vosges, l'argile jurassique qui sert à fabriquer les tuiles, les briques, etc... les calcaires marneux qui servent à fabriquer les ciments, et enfin les calcaires proprement dits dont certains, formés de pierres à grain très fin, donnent la pierre lithographique. C'est également le jurassique qui fournit les marbres qui sont les plus beaux matériaux employés par les sculpteurs. Enfin, la craie est utilisée d'une foule de manières.

Le terrain jurassique renferme encore un minéral qui est pour l'homme une source de richesses, c'est le *sel gemme*. Dans les terrains secondaires on ne trouve, par contre, que très peu de charbon, au moins dans nos pays, mais au Tonkin, par exemple, et dans les Indes ainsi que dans l'Amérique du Sud on trouve dans ces terrains d'énormes amas de combustible. Disons enfin que c'est dans les terrains



Fig. 63. — Portions émergées de la France à la fin de l'ère secondaire.

secondaires que l'on trouve les plus riches minéraux de fer, c'est-à-dire le métal le plus employé aujourd'hui.

Ere tertiaire.

L'ère primaire et l'ère secondaire peuvent, si nous voulons nous rappeler la comparaison historique dont nous nous sommes servis, représenter l'histoire ancienne du globe. Avec l'ère tertiaire commence son histoire moderne et l'ère quaternaire, que nous étudierons après, sera son histoire contemporaine.

L'ère tertiaire, en effet, est caractérisée par ce fait que les espèces fossiles que l'on y rencontre se rapprochent de plus en plus des espèces que l'on trouve dans le monde actuel. Au point de vue géographique, c'est pendant l'ère tertiaire que de grandes convulsions de l'écorce terrestre succédant au calme qui caractérisait l'ère secondaire, vont donner à notre planète un aspect extérieur qui va se rapprocher beaucoup de celui qu'elle a maintenant. C'est ainsi que nous verrons surgir les grandes chaînes de montagnes, Alpes, Pyrénées, Cordillères des Andes, chaînes himalayennes (fig. 70, 71, 72).

Parmi les fossiles, les espèces caractéristiques des époques précédentes, c'est-à-dire trilobites, ammonites, bélemnites, grands reptiles, ont complètement disparu. Au contraire, *les mammifères règnent à la surface du globe avec des dimensions qu'ils ont complètement perdues de nos jours.*

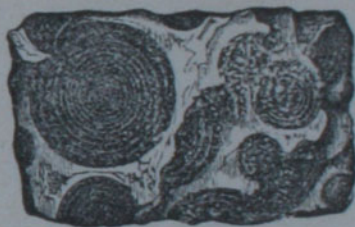


Fig. 64. — Fragment de calcaire ou de grès renfermant des nummulites (échantillon des Pyrénées).

Parmi les végétaux, on trouve toutes les flores. Les palmiers sont très abondants, il y a beaucoup d'arbres dicotylédones et les empreintes de plantes sont extrêmement nombreuses, au point que dans certains dépôts tertiaires on a trouvé les empreintes de plusieurs centaines d'espèces différentes, déduites uniquement des empreintes de leurs feuilles.

Les graminées apparaissent pour la première fois et il est à remarquer combien, dans les apparitions successives de la vie, les conditions de développement des êtres qui sont appelés à peupler la surface de la terre apparaissent en même temps que ces

êtres eux-mêmes. Pendant l'ère secondaire, les feuilles suffisaient à nourrir les reptiles qui étaient herbi-

vores mais n'auraient pas suffi à la nourriture des mammifères qui vont peupler l'ère tertiaire, aussi, en même temps que l'apparition de ceux-ci, voyons-nous apparaître les graminées qui fourniront la nourriture de ceux de ces animaux qui seront ruminants.

Parmi les animaux inférieurs, il n'y a plus, pour ainsi dire, d'évolution à proprement parler et les animaux marins de l'ère tertiaire ont pris des formes à peu près définitives et semblables à celles qu'ils ont actuellement. Toutefois, citons, parmi les protozoaires quelques fossiles bien caractéristiques que l'on appelle des nummulites ainsi nommés à cause de leur forme plate qui les fait ressembler à des pièces de monnaie; on en trouve des quantités aux environs de Paris. La nummulite est intéressante par sa structure intérieure car elle est formée



Fig. 65. — Cérithie géant (grandeur vraie 9=50). Fouille de mol-lusque caractéristique du calcaire grossier du bassin de Paris et de Londres.

d'une foule de petites cloisons disposées en spirale. Elles forment aujourd'hui des terrains entiers (fig. 64) et comme pour justifier davantage leur nom qui les compare à des pièces de monnaie, elles ont toutes les dimensions qu'ont prises

les monnaies à travers les âges, depuis la dimension d'un centime jusqu'à celle maxima d'une pièce de 5 francs.



Fig. 66. — Coquilles fossiles des terrains oligocènes.

Les mollusques ressemblent beaucoup aux mollusques actuels (fig. 65 et 66). Citons les lamellibran-



Fig. 67. — Plaque de calcaire tertiaire où se trouvent des squelettes de *Lebias* (grandeur naturelle).

ches et le gastéropodes. Les insectes ont progressé en même temps que les végétaux dont ils se nourrissent et comme l'ère tertiaire voit apparaître des

végétaux à fleurs on voit également apparaître en quantité innombrable les insectes correspondants : les abeilles, les papillons, etc...

Les poissons osseux (fig. 67) sont maintenant répandus partout et les grands reptiles ont complètement disparu. Il n'y a plus pour représenter ces derniers que des reptiles ressemblant énormément à ceux que nous connaissons, c'est-à-dire des crocodiles, des lézards et des tortues, seulement, ils n'habitaient pas les mêmes régions qu'aujourd'hui et les cours d'eau d'Europe étaient peuplés de ces animaux.

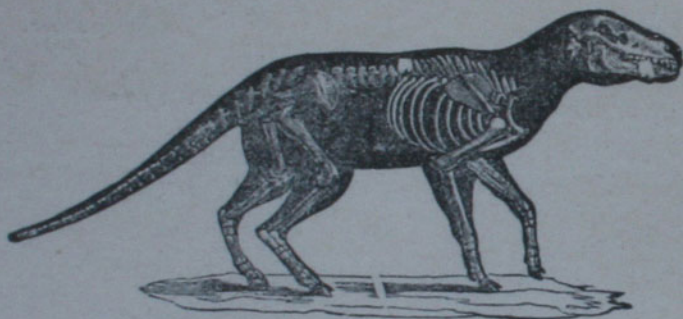


Fig. 68. — *Palæotherium* des terrains tertiaires du bassin de Paris, semblable au tapir actuel.

Les oiseaux régnaient dans les airs avec des formes identiques à celles qu'ils ont maintenant et on trouve pendant l'ère tertiaire des quantités d'empreintes de canards, de perroquets, d'aigles, etc... empreintes que l'on rencontre en particulier en Auvergne, dans les calcaires d'origine lacustre.

Quant aux mammifères, c'est précisément leur présence universelle qui caractérise l'ère tertiaire. Parmi les plus petits, ceux que l'on trouvait à la fin de l'ère secondaire se sont développés. Quelques-uns n'ont même pas changé et persistent encore en Australie à l'époque actuelle : ce sont les *marsupiaux* (kangourous, sarigues, etc...). Mais les premiers

grands animaux qui ont fait leur apparition sur la terre sont les pachydermes (fig. 105). Ces animaux, au début avaient des membres massifs et des doigts terminés par des sabots, mais plus tard ils s'affinent et finissent par constituer des types bien distincts. Les premiers, ayant des pieds pourvus d'un seul sabot comme les chevaux sont les solipèdes, les autres, pourvus d'un pied fourchu, sont les ruminants. Citons quelques noms de ces fossiles : le paléothérium (fig. 68), ressemblant au tapir, l'anoplothérium, le xiphodon.

Le milieu de l'ère tertiaire a vu apparaître des animaux correspondant aux types principaux actuels, des rhinocéros, des solipèdes ruminants, des carnassiers, des singes, des proboscidiens. Des animaux analogues aux zèbres que l'on appelle des *hipparions* se trouvaient en quantité considérable; d'immenses antilopes ont fait leur

apparition et un animal énorme, le *dynothérium* (fig. 69), sorte d'éléphant aux défenses retournées vers le bas, est l'une des espèces les plus remarquables de l'ère tertiaire, il avait 5 mètres de hauteur et 6 m. 50 de long sans compter sa trompe.

Enfin, citons le mastodonte qui avait des défenses à la fois aux deux mâchoires inférieure et supérieure et des dents incisives d'une dimension extraordinaire.

Quant à la *fin de l'ère tertiaire*, elle est caractérisée par l'apparition des éléphants. Les *hipparions* se sont transformés en chevaux véritables, l'hippopotame apparaît dans les cours d'eau et enfin on trouve,



Fig. 69. — Crâne de *dinotherrium*, animal de l'ordre des pachydermes, portant à la mâchoire inférieure des dents canines recourbées en arrière.

tout à la fin de cette période, les cerfs et les bœufs.

La curiosité des savants a été très excitée dès que l'étude de la paléontologie a caractérisé l'ère tertiaire par la présence de tant d'animaux identiques, ou au moins très voisins, à ceux que nous connaissons aujourd'hui, et l'on s'est demandé si, au milieu de ces espèces animales ou végétales qui se différencient fort peu de celles que nous voyons actuel-



Fig. 70. — France à l'époque éocène. La ligne de rivage correspond au dépôt du calcaire grossier. Les parties hachurées représentent les terres.

lement, l'homme n'avait pas lui-même fait son apparition à la fin des temps tertiaires, sauf à apparaître d'abord sous une forme extrêmement réduite et rudimentaire, de même qu'à la fin des temps secondaires c'est à l'état de petits animaux que les mammifères avaient fait leur première apparition.

La question n'est pas encore résolue aujourd'hui d'une façon absolue. Cependant on a découvert récemment à Java, dans des terrains nettement tertiaires, mais de la fin de cette ère, des débris d'un mammifère dont le crâne est une sorte de compromis entre les crânes des singes actuels et les crânes humains. Ce spécimen est malheureusement unique, les géologues ont donné, à cette espèce mystérieuse, les noms à peu près identiques d'anthropopithèque ou de pithécantrope. Cette découverte ouvre un horizon intéressant mais malheureusement on n'en peut tirer de conclusions fermes étant donné l'unique

échantillon du *pithécanthrope* que l'on connaît et étant donné, surtout, que ce squelette a été découvert non pas à l'état entier mais à l'état de débris.

Poursuivant l'évolution que nous lui avons vu accomplir pendant l'ère secondaire, la croûte terrestre s'est acheminée peu à peu, pendant l'ère tertiaire, vers la forme qu'elle a actuellement.

L'ère tertiaire est divisée par les géologues en quatre périodes qui sont celles : 1° des terrains éocènes ; 2° des terrains oligocènes ; 3° des terrains miocènes ; 4° des terrains pliocènes.

C'est dans les éocènes que pullulent les nummulites, les gastéropodes et les lamellibranches. C'est également dans ces

terrains éocènes que l'on a trouvé les débris des grands mammifères marsupiaux et pachydermes. Dans la période oligocène, la France et l'Europe étaient recouvertes d'une série de lagunes où vivaient des quantités de mollusques (fig. 65 et 66). Les ruminants commencent à se développer pendant cette période d'une façon très importante. Pendant la période miocène on voit apparaître les grands squales, les mastodontes, les chevaux, les singes et cette période est caractérisée par le soulèvement de la chaîne des Alpes. Enfin, la dernière période de l'ère tertiaire est caractérisée par ce fait, que les animaux



Fig. 71. — France oligocène vers l'époque des sables de Fontainebleau. Les parties hachurées sont des terres émergées.

qu'elle renferme contiennent jusqu'à 50 % des espèces actuellement connues. On voit donc que la fin de l'ère tertiaire est véritablement l'introduction à l'histoire de notre globe.

Pendant la période éocène, une mer intérieure recouvrait l'emplacement actuel des Pyrénées et des Alpes, l'Espagne (fig. 70), le Nord de l'Afrique, l'Europe méridionale, la Perse et arrivait jusqu'au cœur de l'Asie. Mais en même temps de violents mouvements de l'écorce terrestre donnaient naissance aux Pyrénées (fig. 71); peu après les lacs sont comblés petit à petit par des argiles et des calcaires et de nouveau de grandes convulsions de l'écorce font apparaître les grandes chaînes de montagnes des Alpes et de l'Himalaya. Enfin, notre plateau Central de la France s'éleva et domina de ses cimes les pays environnants (fig. 72). Il est presque inutile d'ajouter qu'au milieu de ses convulsions se produisaient de nombreuses fissures qui ouvraient passage largement aux matières du feu central, c'est dire que de formidables éruptions volcaniques ont caractérisé ces périodes, en particulier dans le plateau Central de la France. A la fin de l'ère tertiaire les grandes lignes de la géographie actuelle sont nettement dessinées. Les profils terminaux des continents et des mers sont à peu près les profils actuels, sauf de petits détails, par exemple, la Méditerranée pénétrait en partie dans le Roussillon et dans la vallée du Rhône; la Manche n'existait pas encore, l'Angleterre et la France étaient réunies par un massif crayeux. La Corse et la Sardaigne étaient également reliées au continent (fig. 70, 71, 72).

C'est à la fin de l'ère tertiaire qu'ont été ouverts par les convulsions de l'écorce terrestre les grands détroits européens, Gibraltar et les Dardanelles et cela pendant que les volcans du Plateau Central, le Mont-Dore, le Plomb du Cantal, etc... vomissaient, par des cratères alors extrêmement élevés

(plusieurs milliers de mètres) les laves qui s'échappaient de leurs orifices.

Quant au climat, il était marqué par un refroidissement notable qui sans être brusque était progressif.

Les roches sédimentaires qui caractérisent les terrains tertiaires sont des plus variées et comme ce sont les terrains tertiaires qui caractérisent les grandes étendues de plaines, c'est en général dans les terrains tertiaires que se sont élevés les grandes villes, par exemple, Paris.

Le terrain le plus ancien qui affleure à Paris est la craie qui est un des vestiges de l'ère secondaire mais aussitôt après apparaissent les terrains éocènes (argiles plastiques,

calcaires grossiers, sables, grès, gypses), puis, toujours dans les terrains parisiens, au-dessus de l'éocène, on voit l'oligocène (pierres meulières de Brie, sables de Fontainebleau, calcaires de Beauce). C'est avec des calcaires tertiaires qu'ont été construites les Pyramides d'Égypte et les roches volcaniques sont également utilisées à la construction dans la région du Massif Central (laves de Volvic).

Les terrains tertiaires renferment en Espagne de grandes masses de sel gemme ainsi qu'à Wieliczka, en Pologne. Enfin, c'est dans les terrains tertiaires



Fig. 72. — France pendant la période néogène. La ligne de rivage est celle de la mer burdigalienne.

d'Europe qui avoisinent les régions de la mer Caspienne que l'on trouve le pétrole (1).

L'ère quaternaire.

Et maintenant nous arrivons à l'histoire contemporaine du globe.

L'ère tertiaire a préparé, par de successives approximations, toutes les espèces qui vivent actuellement à la surface de la terre, elle leur a ménagé les conditions de la vie nécessaires à leur existence : la terre est prête pour recevoir l'homme dont la présence caractérise l'ère quaternaire qui est celle dans laquelle nous vivons. Cette ère se continue donc de nos jours et si l'on veut bien considérer l'immensité des durées géologiques, on peut dire qu'elle ne fait que commencer car les changements subis par la terre depuis la fin de l'ère tertiaire jusqu'à nous sont insignifiants par rapport aux phases précédentes de son évolution.

Les phénomènes essentiels qui caractérisent l'origine de l'ère quaternaire sont, au point de vue de la vie, l'apparition de l'homme et au point de vue purement géologique, le développement extraordinaire des glaciers (fig. 73).

Les terrains quaternaires sont donc les derniers formés dans les évolutions de la terre, aussi sont-ils ceux qui sont à la surface et recouvrent tous les autres. Ils ne sont recouverts eux-mêmes que par la terre végétale. On leur donne souvent le nom de terrains superficiels et les terrains marins formés pen-

(1) M. MOISSAN a attribué pour origine au pétrole l'action de l'eau sur les carbures métalliques. On sait que l'eau agissant sur le carbure de calcium donne de l'acétylène. Il en est de même des autres carbures métalliques qui donnent naissance à différents carbures d'hydrogène. Par condensation, ces hydrocarbures donnent naissance aux carbures liquides qui constituent les pétroles.

dant l'ère quaternaire se trouvent encore à l'endroit où ils ont été formés, c'est-à-dire au fond de nos océans actuels. Ils constituent la matière des recherches auxquelles pourront se livrer les géologues des ères qui succéderont à la nôtre. Les terrains quaternaires sont donc des terrains essentiellement continentaux, c'est-à-dire des alluvions, des moraines, etc.

Les géologues divisent l'ère quaternaire en deux périodes : la période *pléistocène* et la période *holocène*, et comme l'ère quaternaire est caractérisée par l'apparition de l'homme, comme d'autre part, dès que l'homme s'est trouvé dans la nature il a dû lutter pour la vie moins à l'aide de ses forces physiques, souvent hors de proportion, avec les difficultés qu'il avait à vaincre qu'avec son intelligence qui lui a permis d'imaginer des instruments de combat et de travail, l'époque pléistocène est souvent appelée *l'époque de la pierre taillée* à cause de la forme qu'avaient les instruments grossiers dont se servaient les hommes qui vivaient à cette aurore de l'humanité. Quant à l'époque holocène qui suit, l'homme avait passé par un développement dont bénéficiaient ses générations successives ; il ne se contentait plus de la pierre grossièrement taillée par éclat, il savait la polir, il avait déjà découvert qu'à l'aide du feu les minerais pouvaient lui donner des métaux autrement précieux et autrement maniables que les pierres dont il avait fait jusqu'ici ses uniques instruments, aussi est-ce dans cette période holocène que nous voyons *l'âge de la pierre polie, l'âge du bronze, l'âge du fer* pour arriver jusqu'à l'époque actuelle.

Dès la fin de l'époque tertiaire et au commencement de l'ère quaternaire, à l'origine des Pyrénées et des Alpes, il y avait des glaciers sur toutes ces montagnes et ces glaciers avaient des dimen-

sions extraordinaires par rapport à ceux que nous connaissons aujourd'hui. Ainsi (et ceci est indiscutable d'après les matériaux qui ne peuvent provenir que d'un déplacement par les glaces), les glaciers des Alpes sont arrivés jusqu'à Lyon, la preuve en est que la colline de Fourvières est recouverte de



Fig. 73. — Limites du *drift* en Europe (fin du tertiaire). Le drift est la limite d'extension des grands glaciers descendus des contrées septentrionales de l'Europe. Ces glaciers ont poussé devant eux des matériaux et raboté les terrains, ce qui permet d'en délimiter les contours.

blocs erratiques provenant de grandes montagnes. Les glaciers de la vallée du Rhône devaient atteindre un kilomètre et demi d'épaisseur ; tout le lac de Genève et toutes les plaines qui l'entourent ont été couvertes de glaces, le Massif Central de la France également, quant aux contrées septentrionales, le phénomène y prenait une intensité inouïe : toute la Scandinavie était pour ainsi dire un seul glacier et devait présenter l'aspect qu'a aujourd'hui l'intérieur

du Groënland (fig. 73). Ces masses de glaces, étant donnée la faible profondeur de la mer du Nord, la comblaient complètement, recouvraient presque toutes les Iles-Britanniques, comblaient la mer Baltique alors que les débris de ces blocs de glaces formant des banquises, recouvraient d'un tapis continu l'Océan Septentrional jusqu'en Islande. Quant à l'Amérique du Nord, elle était entièrement ensevelie sous une couche épaisse de glaces dont on a retrouvé des traces jusque dans des montagnes des régions équatoriales.

Puis, à partir de la période pliocène le mouvement d'extension des glaces a subi des fluctuations et à la fin du pléistocène les glaciers ont subi un recul général qui les a amenés à leurs dimensions actuelles.

Il est évident qu'avec la période glaciaire les climats ont eu à subir les mêmes fluctuations. L'existence même de ces masses de glaces qui sont de l'eau congelée prouve que les précipitations atmosphériques qui avaient amené cette eau devaient être considérables; le régime pluviométrique était donc particulièrement intense, ce qui explique aussi la foule d'alluvions qui datent de cette époque pléistocène. Ces alluvions sont des étendues plus ou moins considérables disposées en terrasses étagées et recouvertes soit de graviers, soit de cailloux roulés sous du sable fin; elles ont été formées par des crues successives et ces crues ont elles-mêmes été occasionnées par des pluies surabondantes. Comme, ainsi que nous venons de le dire, les terrasses alluviales sont étagées, il en résulte que le creusement d'une vallée de rivière ne s'est jamais fait en une seule fois mais est le résultat de plusieurs creusements successifs.

Dans certaines régions calcaires, les érosions atmosphériques et les vallées successivement creusées ont établi des communications entre les cavernes

existantes dans le calcaire et l'extérieur et par un nouvel exemple de cette concomitance de la vie des êtres et de leurs besoins, ces cavernes servirent de repaires à des fauves tels que les ours, les hyènes qui y ont laissé leurs ossements et, coïncidant avec l'apparition de l'homme sur la terre, elles lui ont servi de première habitation.

Les volcans que nous avons vus en paroxysme d'éruption pendant l'ère tertiaire avaient conservé toute leur activité. *C'est pendant le commencement de l'époque quaternaire* lorsque les glaciers eurent petit à petit reculé jusqu'à leur emplacement actuel *que se font les éruptions des grands volcans de l'Auvergne*. En Auvergne, en effet, plus de cent cratères sont là pour attester les éruptions qui ont couvert ces pays de laves incandescentes. C'est ce qu'on appelle la chaîne des Puys (fig. 7). Quant aux dépressions du sol qui proviennent de la régression des torrents ou des glaciers, les eaux stagnantes qui s'y sont accumulées ont formé des tourbières qui renferment des combustibles à l'état de formation sous l'action des agents atmosphériques.

Nous avons vu, dans l'étude des ères précédentes, que l'homme utilisait les différentes roches pour ses besoins. Dans l'ère quaternaire, caractérisée par les dépôts superficiels et qu'on appelle les alluvions, l'utilisation de l'homme est la *culture* qui se fait surtout dans ces terres essentiellement superficielles. L'utilisation de l'ère quaternaire par l'homme n'est donc plus minérale, elle est agricole.

L'ère quaternaire, caractérisée, avons-nous dit par l'apparition de l'homme, renferme toutes les espèces animales actuellement connues; toutefois certaines de ces espèces de dimensions extraordinaires ont actuellement disparu, par exemple, l'ours des cavernes (*ursus spelæus*), par exemple, le mammoth, immense éléphant dont les dents étaient

beaucoup plus recourbées que celles de nos éléphants contemporains et dont le corps couvert de poils était adapté à la résistance dans les pays froids qu'il habitait (Nord de la Sibérie). On a découvert des cadavres entiers de mammouths tellement conservés par la glace qui les recouvrait que leur viande était encore en parfait état et, au commencement du XIX^e siècle des chasseurs sibériens, qui en ont découvert un intact, ont vu leurs chiens se précipiter



Fig. 74. — *Megatherium*, grand et long animal du tertiaire, analogue au tatou, fourmillier et paresseux de l'Amérique du Sud, mais gigantesque. Le squelette du Muséum de Paris a 3^m60 de haut.

sur cette viande et se repaître de ce gibier ayant plusieurs milliers d'années d'existence.

Citons parmi les espèces disparues, le *mégacéros*, qui était un cerf à bois immenses, le *mégathérium* de l'Amérique du Nord (fig. 74), immense édenté, le *glyptodonte*, analogue à un énorme tatou, et surtout les oiseaux gigantesques de la Nouvelle-Zélande et de Madagascar, le *dynormis* qui atteignait plus de 3 mètres de hauteur et l'*épiornis* dont la disparition ne doit pas être très ancienne car les naturels maoris de la Nouvelle-Zélande en ont conservé les traditions.

Il est à remarquer que c'est dans ces continents de la Nouvelle-Zélande, de l'Australie, de Madagascar, c'est-à-dire dans le Sud de l'Océan Indien et du

Pacifique que l'on trouve encore des traces des espèces vivantes rappelant les extraordinaires espèces fossiles, les kangourous d'Australie, par exemple, les ornithorynques, les kiwis zélandais. Il est à remarquer aussi que lorsque, pour la première fois, les explorateurs pénétrèrent au centre de l'Australie, les indigènes Australiens vivant au milieu de ces espèces attardées étaient au dernier degré de la civilisation et ne connaissaient même pas l'usage de l'arc. Il semble donc que ce continent australien et les terres qui l'avoisinent soient un dernier vestige encore vivant des origines de l'homme sur la terre.

Les plus grosses espèces ont disparu, nous l'avons dit, à des époques relativement récentes. Il est curieux de constater que, précisément, les grandes espèces que nous connaissons actuellement, c'est-à-dire l'éléphant sur terre, et la baleine dans les mers, sont également en voie de disparition. Ces exemples sont bien faits pour montrer la loi de continuité qui régit l'évolution de la vie à la surface de la terre et pour faire voir comment des espèces que l'on considère comme bien vivantes peuvent graduellement devenir des espèces fossiles.

De plus, un caractère de l'époque quaternaire c'est non seulement la disparition de certaines espèces, mais la migration de certaines autres. Par exemple, le lion des cavernes qui était d'une taille plus considérable que notre lion contemporain, par exemple l'hippopotame qui a vécu aux environs de Paris, par exemple certains singes dont on a trouvé des débris dans les Pyrénées. Le renne a été un animal vulgaire en France jusqu'à Perpignan et en Provence; aujourd'hui, on ne le trouve plus que dans les contrées absolument polaires.

L'apparition de l'homme.

L'histoire de l'apparition de l'homme sur la terre

est, on peut le dire, une des conquêtes les plus récentes de la science géologique car elle ne date que de 1846 et elle est due à un savant d'Abbeville, Boucher de Perthes.

Ce savant qui avait découvert certaines pierres taillées dans des sables aux environs de la ville qu'il habitait, affirma que l'uniformité d'aspect que présentaient ces pierres rendait impossible l'explication qui attribuait au hasard la taille qu'elles avaient subie. Il affirma que leur identité de travail décelait nettement la main de l'homme et que, par conséquent, ce dernier ayant laissé ses traces dans les sables où avaient été découvertes ces pierres taillées, on devait admettre qu'il était contemporain de ces sables eux-mêmes.

Est-il nécessaire de dire qu'un scepticisme général accueillit à son début la découverte de Boucher de Perthes ? Non, n'est-ce pas. Puisque des découvertes, autrement précises, de la physique, de la chimie et de la mécanique sont combattues malgré l'évidence de leurs résultats, combien devait être battue en brèche l'affirmation d'un savant qui énonçait une proposition que l'on eût été presque tenté de considérer comme subversive. Cependant Boucher de Perthes parvint, petit à petit, à convaincre quelques grands esprits qui se joignirent à lui pour faire triompher ses vues et l'activité des géologues aidant, à partir de 1860 plusieurs découvertes analogues à celles de Boucher de Perthes ayant été faites, il fallut bien se rendre à l'évidence et admettre l'existence de ce qu'on appelait alors « l'homme-fossile » ou « homme quaternaire », c'est-à-dire conclure à la coïncidence de la vie humaine avec les premières périodes de l'époque quaternaire.

A partir de l'apparition de l'homme, on cesse d'être dans le domaine de la géologie proprement dite, et les périodes dans lesquelles l'homme a vécu

ne s'appellent plus des périodes géologiques, mais des périodes « préhistoriques »; elles comprennent l'intervalle qui s'est écoulé entre l'apparition de l'homme et le moment où celui-ci ayant appris à penser, ayant senti la nécessité de traduire cette pensée d'une façon durable, eût inventé le langage articulé et l'écriture et, laissant des traces des événements qui avaient marqué son existence, permit à ses successeurs de les connaître. A partir de ce moment, c'est l'*histoire* qui commence.

Les preuves caractéristiques de l'existence de l'homme sont de deux sortes : les ossements provenant des débris de son squelette et les instruments que l'homme avait imaginés pour se défendre contre les animaux, pour, hélas ! détruire son semblable et pour construire les habitations et les ustensiles dont il avait besoin. Il faut dire qu'on trouve beaucoup plus de restes de l'industrie humaine que de restes de squelettes humains de l'époque quaternaire : la constitution des os explique facilement leur destruction rapide par le contact avec la terre et les éléments de décomposition qu'elle renferme. Au contraire, il est tout naturel que les vestiges de l'industrie humaine aient subsisté si l'on veut surtout réfléchir que, au début de son existence, l'homme ignorait les métaux et, par conséquent, fabriquait ses premiers instruments avec de la pierre qu'il dut choisir aussi dure et aussi inaltérable que possible afin qu'ils puissent lui fournir un service aussi prolongé qu'il était nécessaire.

Les temps préhistoriques se classent d'après les évolutions de l'industrie humaine. Nous avons vu que le commencement de la période qui a vu naître l'homme s'appelait la période pléistocène, on l'appelle aussi l'âge de la pierre taillée et c'est pendant cette période que l'on nomme aussi paléolithique que l'homme a eu à lutter avec les grands animaux dis-

parus, mammoths, rhinocéros poilus, ours des cavernes, etc... C'était l'époque des grands glaciers, c'était l'époque des éruptions volcaniques du plateau Central.

Mais plus tard, l'homme perfectionnant son industrie, la perfectionnant surtout grâce à la sociabilité, commença à polir les pierres qu'il se contentait autrefois de tailler, et alors apparaît l'époque de la pierre polie qu'on appelle aussi époque néolithique.

Enfin, l'homme se socialisant peu à peu, échangeant ses idées avec ses semblables, arrive à tirer parti d'une force dont il tirait moins parti autrefois : son intelligence. La puissance déductive de son cerveau lui permet de reconnaître que toutes les pierres ne sont pas identiques, il discerne les minéraux et il en extrait successivement les métaux qu'ils renferment : à partir de ce moment, nous sommes au début des temps historiques.

Nous pouvons donc, pour nous résumer, diviser l'ère quaternaire au point de vue préhistorique en trois périodes, paléolithique, néolithique et métallique et cette dernière est elle-même subdivisée en âge du cuivre, âge du bronze et âge du fer.

Industrie de la pierre taillée.

Les instruments de l'homme de la première période étaient faits de silex emmanchés dans des branches de bois fendu et maintenus dans les fentes par des ligatures de végétaux souples. Au début, l'homme ne se servait que des arêtes naturelles de ces silex, plus tard, il arriva à les faire tranchantes (fig. 75) et, enfin, les hommes de cette époque vivant dans les cavernes (on les appelle des troglodytes) se mirent à travailler, pour avoir des ustensiles plus délicats, les seules substances dures qui, en dehors des pierres, étaient à leur disposition, les arêtes des grands poissons,

les os de mammifères et l'ivoire des dents. Aussi voyons-nous à l'époque même paléolithique et accom-



Fig. 75. — Instrument chelléen des alluvions quaternaires de Saint-Acheul. Silex. Musée de Saint-Germain. 1/2 grandeur.

pagnant les objets de pierre taillée (fig. 76), des aiguilles en os, des barbes de flèches, des harpons d'os et d'ivoire. C'est également sur des matières animales comme les bois de cerfs ou de rennes que l'homme a laissé les premiers vestiges de ses arts graphiques et ce qu'il y a de curieux c'est que, bien avant que l'écriture fût inventée, des dessins nettement retrouvés sur des os de rennes montrent des animaux dont l'aspect est particulièrement bien reproduit (fig. 77).

L'homme quaternaire ne différerait pas d'une façon très nette de l'homme actuel, sauf, toutefois, par quelques particularités de son crâne qui présente une ressemblance, comme nous l'avons indiquée, avec celui des peuples les plus inférieurs que nous connaissons aujourd'hui, c'est-à-dire avec les crânes des indigènes de l'Australie actuelle.

Quant à la période néolithique, elle est caractérisée par une civilisation déjà bien plus avancée. Les grands animaux du début ont disparu, de nouvelles races humaines sont venues au jour, et alors que l'homme paléolithique, incapable d'efforts soutenus, se bornait à demander l'existence à la lutte contre les forces de



Fig. 76. — Pointe de flèche à barbelures et à pédoncule, silex. Palafitte du lac de Varèse (Lombardie). Grand. nat.

la nature, c'est-à-dire à la chasse, l'homme néolithique qui avait appris à polir la pierre au lieu de la tailler simplement avait pensé à exploiter la nature d'une façon systématique et était devenu agriculteur. Les hommes néolithiques ne vivaient plus dans les cavernes, mais se construisaient des demeures et en particulier affectionnaient les demeures construites sur pilotis dont les débris, très nettement visibles aujourd'hui dans certains lacs, constituent ce qu'on appelle les *cités lacustres*.

C'est évidemment la méfiance de l'homme vis-à-vis de ses semblables qui l'a poussé ainsi à isoler son habitation au milieu d'un lac qui la rendait plus difficile à atteindre.

C'est de cette époque que datent les monuments dits *mégolithiques* (dolmens, menhirs) que l'on trouve encore en Bretagne. C'est également à l'époque néolithique que l'homme a appris à faire de la poterie, de la brique à l'aide de l'argile et à fabriquer les premiers tissus et les premières étoffes.

Enfin, lorsqu'arrive l'âge des métaux, l'homme a su extraire ceux-ci des minerais qui les enferment et une fois les premiers métaux extraits, l'industrie humaine, quelque rudimentaire qu'elle fût, était née.

Ce n'étaient plus les huttes de branchage, c'étaient de véritables constructions soit en charpente, soit



Fig. 77. — Poignard en bois de renne trouvé à Laugerie-Basse (Dordogne), actuellement au Musée de Saint-Germain-en-Laye.

en pierre. Le feu n'était plus simplement un agent de chauffage mais un outil pour l'homme qui sut bientôt, en même temps qu'il préparait ses premiers métaux et qu'il en faisait ses premiers instruments, les orner de signes qui avaient une signification : le langage écrit était inventé et ici nous devons nous arrêter, la géologie a terminé son œuvre et doit se retirer pour faire place à l'histoire.

APPENDICE

L'OCÉANOGRAPHIE

La Géologie a permis de reconstituer l'histoire de la terre. Des fouilles ont arraché à notre planète le secret de son passé. Depuis quelques années une science nouvelle, l'Océanographie apporte un précieux concours à la géologie.

C'est aussi grâce à l'océanographie que des êtres tout à fait primitifs nous sont connus vivants, et, comme on peut affirmer aujourd'hui que la vie a pris naissance dans le milieu marin, l'étude de l'océanographie est à ce double point de vue du plus grand intérêt pour nous.

Malheureusement, l'espace restreint dont nous disposons nous empêche de nous étendre longuement sur ces ingénieuses méthodes et ses surprenantes acquisitions. Nous donnons donc sur l'océanographie des notions très sommaires, mais indispensables.

On peut définir l'océanographie comme étant la description géographique, géométrique et physique de la mer.

Les eaux de l'Océan, recouvrent plus des trois quarts de la surface du globe terrestre (fig. 78); et la surface ainsi recouverte est unie, car la mobilité des molécules liquides leur permet d'obéir librement aux actions combinées de l'attraction et de la force centrifuge, tandis que le sol continental, tourmenté

par le travail souterrain, défigurée par les actions éoliennes, par les érosions fluviales ou glaciaires, voit sa surface déchiquetée, hérissée d'aspérités, de crevasses, parsemée de montagnes et de vallées.

Une première conséquence de cette prédominance des mers est que l'étude de la météorologie doit débiter par celle de la météorologie nautique : les grandes masses de l'atmosphère, situées au-dessus des surfaces uniformes des océans, peuvent librement obéir aux lois de l'équilibre statique et dynamique des fluides, alors qu'au-dessus du modeste quart

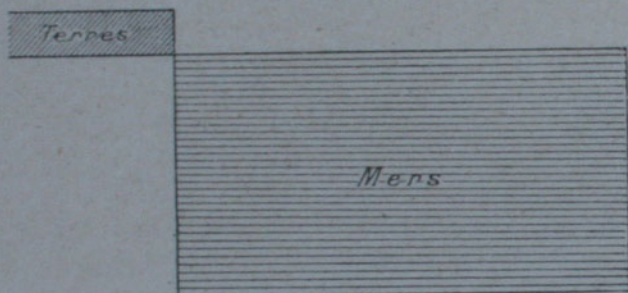


Fig. 78. — Étendue proportionnelle des mers et des continents terrestres.

formé par la terre ferme, à chaque instant déviées de leurs directions rationnelles par de hautes montagnes, ou influencées dans leur température par le contact avec des plaines successivement brûlantes et froides, elles présentent ainsi un problème tellement complexe que leurs mouvements constituent une exception et non une règle, un cas particulier et non un cas général.

Le cas général est au-dessus des mers ; et voilà pourquoi la météorologie continentale est si peu avancée alors que la météorologie nautique dont l'étude est un chapitre de l'océanographie, mérite déjà le nom de science faite. Il faut que les météorologistes terrestres s'y résignent : ils ne feront ainsi, habitant

seulement le quart de la surface de notre planète, que subir cette inexorable loi des majorités à laquelle, pas plus que les corps élus, les continents ne peuvent se soustraire ; mais ils peuvent être soutenus par l'espoir que bientôt, à la lumière des lois générales découvertes par la météorologie nautique, ils pourront voir clair dans le problème encore si obscur de la météorologie continentale.

*
* *

La première étude que doit faire l'océanographie est la réalisation d'une carte générale des mers, en projection horizontale et en profondeur.

A peine les premières cartes marines eurent-elles été dressées que les besoins de la navigation montrèrent la nécessité d'y faire figurer l'indication des profondeurs au voisinage des côtes, c'est-à-dire les résultats des *sondages*. Et dès lors était née cette partie capitale de l'océanographie : la *bathymétrie* ou étude des profondeurs.

De l'étude utilitaire de la bathymétrie près des côtes on devait bientôt passer, toujours par raison de nécessité pratique, à la bathymétrie du large. Vers le milieu du XIX^e siècle, on conçut le dessein audacieux de transmettre, à travers les mers, la pensée humaine avec l'aide du courant électrique ; il fallait, pour cela, immerger un câble entre l'Europe et l'Amérique ; il fallait donc connaître les profondeurs qu'on allait rencontrer, la nature des fonds sur lesquels allait reposer le long serpent de métal isolé. Les sondages profonds devinrent nécessaires ; depuis cette époque, ils se sont multipliés, et sont l'opération courante de toute expédition océanographique.

Je dis « courante » mais non « facile ». Quand on sonde par quelques centaines de mètres, rien n'est plus simple ; mais quand on est au-dessus des grandes

profondeurs océaniques, quand la ligne de sonde se déroule pendant des milliers de mètres sans atteindre le fond, quand, comme c'est le cas dans le sud-ouest du Pacifique, l'appareil accuse la profondeur de 9.427 mètres, ce qui représente des pressions de plus de 900 atmosphères ; quand, de plus, on se pose le problème, non seulement de connaître cette profondeur avec exactitude, mais encore d'y mesurer la température de l'eau, de ramener un échantillon de cette eau ainsi qu'un spécimen de la nature du fond, on conçoit les difficultés d'une telle entreprise : ces difficultés sont aujourd'hui vaincues et le nombre des sondages s'est assez accru pour que, dans une suite de Congrès internationaux tenus à Berlin en 1899, à Christiania en 1901, à Wiesbaden en 1903, on ait reconnu la possibilité, la nécessité même, de réaliser une *carte générale des océans*, à l'échelle de 1 : 10.000.000^e, indiquant à la fois leur contour et leur profondeur, ces dernières étant données comme les altitudes sur les cartes géographiques, par des courbes de niveau appelées *isobathes* ; de plus, une nomenclature uniforme fut décidée.

L'œuvre était à la fois difficile et coûteuse : difficile parce qu'elle exigeait de la part de celui qui en assumerait la réalisation une compétence spéciale, une érudition universelle relative aux choses de la mer ; coûteuse par le nombre, l'importance, la durée des travaux de toute nature qu'elle nécessitait.

Le Prince de Monaco s'est généreusement offert pour la mener à bien : son nom était la garantie que toutes les difficultés seraient vaincues. Elles l'ont été. La carte des océans, en 24 feuilles, est aujourd'hui construite.

C'est un monument élevé à l'océanographie : nécessaire, d'ailleurs, pour connaître le relief général de l'écorce terrestre.

L'étude de la « forme » du fond des mers n'est pas suffisante à la curiosité du savant. Il faut, en outre connaître la *nature* de ce fond. C'est un autre problème de l'océanographie, aussi important, au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique.

Au point de vue scientifique, la loi suivant laquelle se déposent actuellement les substances minérales ou organiques qui tapissent le fond de nos mers nous permet de jeter une lumière toute spéciale sur les stratifications, faites des débris des animaux marins, que les géologues trouvent dans le sein de la terre en étudiant son histoire. Aussi a-t-on pu dire avec juste raison : « *La géologie est l'océanographie du passé, et l'océanographie est la géologie de l'avenir* ».

Au point de vue pratique, les données de l'océanographie fournissent aux marins une méthode nouvelle de navigation, précieuse quand des brumes persistantes leur interdisent d'interroger les astres pour avoir leur position exacte. Alors ils jettent la sonde : la carte bathymétrique leur indique sur quelle courbe isobathe ils peuvent se placer d'après les résultats de leur sondage ; la carte lithologique du fond, rapprochée de l'échantillon rapporté par la sonde, vient, sur cette isobathe, préciser un point qui est celui qu'ils occupent, au moment de l'expérience, à la surface de l'océan.

Deux officiers français, les commandants *Trudelle* et *de Roujoux*, ont appliqué cette méthode aux atterrissages de Brest, de New-York, du Havre, si difficiles par la brume, et la sonde est devenue, aujourd'hui, un instrument aussi précieux et aussi précis que le sextant ou le chronomètre.

L'étude de la répartition de la température dans la mer est un des plus grands problèmes de la phy-

sique du globe. De ses variations dépendent, indépendamment des conditions de l'existence des espèces animales, le plus ou moins grand volume, la plus ou moins grande densité de l'eau des mers. Une différence de quelques dixièmes de degrés, entre deux points de l'océan, suffit à déterminer, même

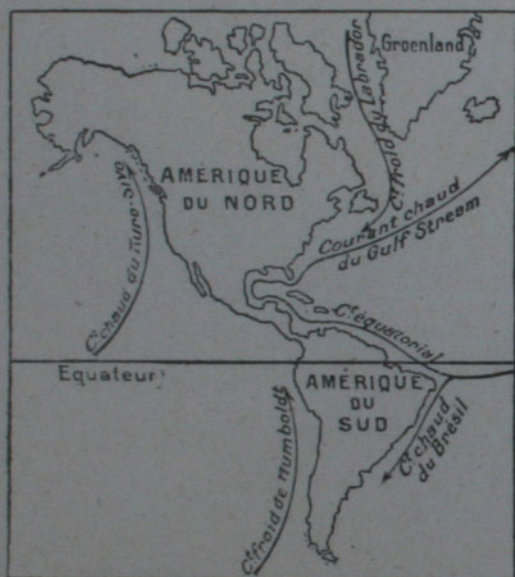


Fig. 79. — Principaux courants marins des côtes de l'Amérique.

aux plus grandes profondeurs, un mouvement des eaux entre ces deux points, et, dans sa dernière croisière aux Açores, le prince de Monaco a pu ainsi déterminer, à l'aide du thermomètre, l'existence de courants sous-marins dont la lenteur est telle qu'il parcourut à peine quelques mètres en une journée (1).

(1) Déjà on connaissait les courants marins qui parcourent les Océans dans toute leur étendue et jouent un rôle important dans la température des mers. (Voir fig. 79)

Comment l'homme est-il arrivé à déterminer sans erreur la température des grandes profondeurs? Par un artifice bien simple, celui du *thermomètre à renversement*, qui se retourne automatiquement au fond, et isole ainsi dans le tube renversé la portion de mercure qui s'est dilatée.

Grâce à cet instrument, on a pu noter la température des abîmes les plus profonds : elle y est uniforme et toujours très voisine de zéro, même pour des fonds de 7 à 8.000 mètres ; alors que si l'on faisait, à travers l'écorce terrestre un forage de cette profondeur, on trouverait une température de plus de *deux cents degrés* !

On le voit, les gros problèmes de la géophysique surgissent à chaque page de l'Océanographie. Pourquoi, enfin, l'intensité de la pesanteur est-elle plus forte au-dessus des mers qu'au-dessus des continents? Pourquoi, en un mot, un corps pèse-t-il plus au-dessus des océans qu'au-dessus du continent Européo-Asiatique, formé cependant de matériaux plus denses que l'eau de mer? Autre mystère, pour l'explication duquel un des plus grands physiciens de ce temps, le professeur Lippmann, a proposé une hypothèse séduisante.



La transparence de l'eau de mer a été l'objet de nombreuses études : L'eau des océans ne se laisse traverser par la lumière du soleil qu'en prélevant, pour ainsi dire, un droit de passage, tant et si bien qu'à partir de 400 mètres de profondeur, cet impôt « global et progressif » se traduit par une absorption complète : à partir de 400 mètres d'épaisseur, la lumière ne traverse plus l'eau marine, et il devrait régner dans le fond des mers des ténèbres éternelles.

Je dis « il devrait », car, en réalité, l'obscurité des

grands fonds est éclairée des mille lueurs lancées par les organismes spéciaux des êtres qui habitent ces sombres régions. Quelle est la nature de cette lumière? Est-elle d'origine électrique? Appartient-elle à cette lumière spéciale aux corps qui, analogues au radium, jouissent des propriétés radioactives? Faut-il en rechercher l'origine dans ce nouveau chapitre de la physique, dans ce nouveau monde de la science dont Curie, tel Fernand Cortez, a exploré l'une des plus riches contrées, mais dont le Christophe Colomb est incontestablement notre illustre compatriote le professeur H. Becquerel? C'est encore un problème de l'océanographie physique, et c'est certainement l'un des plus passionnants.

..

Enfin, un dernier, et très important chapitre de la science de la mer est celui qui étudie ses mouvements. De ces mouvements, les uns comme la houle, les vagues, les marées, sont rythmiques à périodes plus ou moins longues, les autres, les courants, sont des mouvements généraux de translation.

La houle, les vagues, agitent toujours la surface des eaux : tout le monde a été témoin, ne fût-ce qu'à la côte, du magnifique spectacle des fureurs de la mer. Même quand la mer est, au large, absolument paisible, elle donne naissance en arrivant à une plage à pente douce, à un système de vagues déferlantes. L'océanographie doit étudier ces mouvements. Par des expériences de laboratoire les physiciens de la mer ont établi que le mouvement des molécules liquides était *local* et orbitaire : les molécules d'eau vibrent *sur place*, et ce que transmet la houle ce n'est pas de la *matière*, c'est du *mouvement* : *Non materia ipsa progrediens, sed forma materiae progrediens.*

Ce n'est pas par une vaine curiosité que l'on a étudié ce profil des vagues en forme de *trochoïde* : on en a fait une application ultra-moderne. Quand nos ingénieurs du génie maritime ont à construire des torpilleurs extra rapides, ils donnent aux courbes horizontales de la coque la forme d'une trochoïde ; de cette manière, les molécules d'eau, violemment écarté par l'intrusion du navire, trouvent, pour les guider vers le retour à leur position initiale, la courbe même suivant laquelle se fait leur mouvement familier : elles opposent donc la résistance minima à la marche du bateau.

Et, pendant que les océanographes de laboratoire étudiaient, avec des appareils ingénieux, les mouvements ondulatoires et leurs lois, les marins, océanographes militants, faisaient au milieu des mers l'étude expérimentale des vagues : Ross, Dumont d'Urville, Paris, décrivent ainsi dans les mers australes, ces vagues de *18 mètres*, hauteur maximum de ces montagnes liquides : c'est la hauteur d'une maison de Paris à 5 étages. Heureusement, la largeur de ces vagues énormes atteint 200 fois leur hauteur, ce qui transforme en collines à pentes relativement douces les « montagnes d'eau » que nous avaient décrites des imaginations un peu enthousiastes.

Voilà, quelques-uns des points qu'a à étudier l'océanographie pure. C'est une science vaste, et qui justifie, par l'importance de ses applications, les sacrifices que l'on fait pour elle.

CONCLUSION

Les conclusions à tirer des précédentes études sont de plusieurs ordres.

L'astronomie et la géologie nous apprennent la manière dont s'est constituée notre planète, par quelle

série d'états elle a passé avant d'atteindre sa structure actuelle et dans quels rapports de parallélisme avec les terrains sédimentaires sont les diverses formes de la vie végétale et animale.

Si la géologie est impuissante à fixer des chiffres, elle fait cependant entrevoir l'immense durée de formation des couches terrestres; elle nous apprend aussi que rien ne s'est formé brusquement, à la suite de cataclysmes, mais que l'histoire de la Terre a été continue, que l'action des agents de transformation a été semblable dans le passé à celle que nous constatons dans le présent. Par l'étude des phénomènes actuels nous suivons les changements infimes qui modifient chaque jour notre planète, sous la triple influence des agents extérieurs, des agents internes et des êtres vivants. Or, cette constatation nous amène à croire que ce qui vaut pour le présent vaudra pour l'avenir et que les temps géologiques loin d'être terminés se poursuivront sans arrêt ni discontinuité. Comme tout ce qui vit la Terre ne peut atteindre un point de stabilité ni entrer dans le repos; à aucun moment elle n'est identique à elle-même. C'est pourquoi le mot de vie qui sert à caractériser les mouvements des astres est applicable aussi à la Terre. De même que l'on parle de la vie des astres on peut parler de la vie de la Terre. « Comme un être vivant, la Terre se transforme sans cesse et ce sont ces transformations qui constituent son histoire. A toute heure, ses éléments matériels se déplacent, se dissocient et entrent dans les groupements nouveaux par l'effet des énergies diverses, qui elles-mêmes, pour nos sens, changent, sans se lasser, de nature » (1).

Enfin cette étude, comme toutes celles des ou-

(1) DE LAUNAY. *Histoire de la Terre*. Paris, Flammarion, 1906, p. 84.

vrages de notre série fournit à l'esprit trois notions types : la notion de l'infini dans le temps par l'impossibilité d'évaluer en chiffres suffisants l'âge de la terre et la durée des ères successives ; la notion d'évolution puisque les phénomènes s'enchaînent sans présenter d'interruption ni de rupture ; enfin la notion de progrès. En effet, par l'examen des périodes géologiques, on voit les formes se perfectionner ; les terrains, les animaux, les plantes de l'ère primaire sont dans un état de perfection moindre de ceux de l'ère secondaire, et ainsi jusqu'à l'époque quaternaire où le progrès se marque avec l'apparition de l'homme et le phénomène de la pensée qui permet à un être vivant de prendre conscience de l'Univers.

Or, le passage des états les plus primitifs aux états plus parfaits, se fait avec une continuité telle qu'à aucun moment nous n'avons à faire intervenir l'idée « de la matière tirée du néant ». Au cours de cette étude, nous avons constaté d'incessantes transformations de la matière sous l'influence d'agents physiques. Nous savons, certes, que les états de la matière ici constatés ne sont pas *tous* les états sous lesquels elle se présente. Mais il convient à d'autres sciences d'étudier ces états ultimes.

Lorsque, dans le dernier volume de la série, nous aurons à traiter le problème de la notion de matière à un point de vue philosophique, les arguments à tirer de l'*Histoire de la Terre* seront tous favorables à une conception du monde excluant l'idée de création. Le principe de Lavoisier : « Rien ne se perd et rien ne se crée » est une vérité sans exception si l'on veut bien admettre que les phénomènes matériels ne tombent pas tous aisément sous nos sens. Il y a des phénomènes que nous ne saisissons que par les procédés d'investigation que la science ajoute à nos sens.

Le principe de Lavoisier est exact tant qu'il se borne à affirmer l'indestructibilité de la matière. Mais on l'a abusivement étendu à l'incommutabilité des éléments. Il faut considérer, ainsi que nous l'avons déjà dit à propos de l'évolution de la surface de la Terre, la matière et l'énergie comme des choses connexes, les relations de l'une avec l'autre se faisant sans qu'aucune puissance extérieure intervienne.

Par suite de l'abus fait d'un néologisme, on avait un instant admis que la matière doit dans certaines conditions se dissocier et se transformer en énergie. L'énergie intra-atomique contenue dans la matière est énorme. La dissociation complète, par exemple, d'une monnaie de cuivre de 1 centime, du poids de 1 gramme correspond à 510 milliards de kilogrammètres, soit la quantité d'énergie correspondante à celle que dépense un train de marchandises parcourant quatre fois et demi la circonférence de la Terre. La chaleur solaire reconnaîtrait au nombre de ses causes une dissociation rapide et continue de la matière; ainsi le radium, dont la dissociation est extrêmement lente, est cependant porté à une température de 3 à 4 degrés supérieure à celle du milieu ambiant par le fait même de cette évolution très faible. Avec une évolution rapide, dans des conditions de milieux différentes de celles qui existent sur notre globe, la quantité de chaleur produite serait infiniment plus élevée et une destruction bien faible de matière suffirait à fournir la quantité de chaleur nécessaire au maintien de la température du soleil.

Ces faits sont hors de doute, mais il ne faudrait pas croire qu'ils changent les principes de notre conception du monde. En l'état actuel de la science nous savons très bien qu'il n'est pas possible de donner une explication complète de tous les phénomènes,

mais nous pouvons affirmer, qu'aucune volonté indépendante de la matière puisse agir sur eux et intervenir dans leur genèse.

La première des conclusions d'une histoire scientifique de la Terre est donc la confirmation du principe de Lavoisier. Rien ne se perd et rien ne se crée.

D'autres conclusions s'imposent encore.

On a pu remarquer que dans la lente, mais incessante évolution de la Terre, il n'y a pas de commencement, pas de point de départ. Partis de l'examen d'une nébuleuse, nous en avons suivi les modifications jusqu'au terme où elle prend pour nous le nom de Terre, sans avoir pu dire une seule fois : à tel instant commence l'histoire de notre planète. Et si, remontant plus haut, on désire savoir d'où vient cette nébuleuse, nous rappellerons, suivant les conclusions du précédent ouvrage de l'Encyclopédie, que tout astre nouveau est formé d'éléments d'astres anciens modifiés ou altérés. Une autre conclusion philosophique à tirer de cette étude est la condamnation du préjugé finaliste. La Terre n'évolue pas vers un but déterminé. Elle deviendra ce que le jeu des forces la fera. Nous pouvons, dans la faible mesure où la Science nous en donne les moyens, prévoir le sens de cette évolution. Si nous ne pouvons encore la diriger, il est à souhaiter que l'humanité, parvienne, afin d'assurer sa perpétuité, à se créer une part d'action sur ces aveugles phénomènes pour les diriger dans un sens favorable.

BIBLIOGRAPHIE

Les ouvrages que nous allons indiquer ne représentent pas toute la littérature scientifique sur l'*Histoire de la Terre*. Nous nous sommes contentés d'indiquer les ouvrages classiques récents dans lesquels on trouvera des références si l'on désire faire l'étude historique de la science géologique. Nous n'avons fait qu'indiquer à titre documentaire les vieux et bons ouvrages qui firent époque dans la science tels que ceux de LYELL, de CONTEJEAN : toutes les idées originales des auteurs sont réunies dans les traités modernes.

Nous avons laissé systématiquement de côté les ouvrages de minéralogie encore trop spéciaux — bien qu'utiles aux géologues — et les traités de paléontologie. Ces derniers seront donnés dans la bibliographie du IV^e volume de cette encyclopédie : *Évolution des Êtres vivants*.

ELIE DE BEAUMONT. — Progrès de la Stratigraphie. Ouvrage vieilli mais qui marque une époque dans l'histoire de la Géologie. L'auteur apporta un appui précieux à Lyell lorsque ce dernier attaqua la théorie des révolutions de Cuvier.

A. BERGET. — Le radium et les nouvelles radiations. Que faut-il en penser? Que faut-il en attendre? 1 broch. 80 p. Paris. Librairie universelle s. d.

BOULE (M.). — Conférences de Géologie. Paris. Masson. 1904. 1 volume, 223 pages, 273 figures et 7 planches hors texte en couleurs (2 fr. 50). Cet excellent traité destiné aux classes des Lycées est aussi un ouvrage de vulgarisation très remarquable. Intéressant bien que concis, ce traité est d'une clarté parfaite. Il est illustré de figures nombreuses bien choisies et originales. Les figures sont des reproductions de photographies, de documents du Muséum d'Histoire naturelle de Paris.

Cet ouvrage est tout à fait indiqué pour faire connaître, sous une forme claire, élégante, agréable, les plus récentes données de la Géologie.

BÜCHNER (Louis). — Force et Matière ou principes de l'ordre naturel mis à la portée de tous. Trad. française de Davé. Paris, Schleicher frères. 1903. 1 vol. 327 pages (2 fr.)

Vieil ouvrage toujours exact au point de vue de la conception générale du monde, malgré une documentation périmée et insuffisante, et un langage philosophique critiquable. C'est un bon guide pour la pensée dont on ne saurait trop recommander l'usage.

CUVIER. — Les révolutions du Globe. Ouvrage très vieilli et périmé dans lequel l'auteur explique par une hypothèse — démontrée fautive par Lyell et abandonnée aujourd'hui — les transformations de la Terre.

DARWIN (Ch.). — Voyage d'un naturaliste autour du monde, fait à bord du navire *Beagle*, de 1831 à 1836 Trad. fr. de E. Barbier. Paris, Schleicher frères, 1883. 1 vol. in-8 avec gravures sur bois (10 fr.). Bien que cet ouvrage ne soit pas exclusivement relatif à la Géologie, le lecteur y trouvera une foule de documents typiques. Le récit est intéressant, et nul traité ne saurait être plus recommandé tant au point de vue de l'intérêt documentaire qui se dégage de chaque ligne du récit que de l'attrait des interprétations scientifiques des faits observés sur place par le grand savant anglais. — La lecture de cet ouvrage est particulièrement recommandée, parce que c'est un journal de voyage où sont consignées au jour le jour les observations que Darwin a utilisées par la suite, dans ses ouvrages scientifiques et philosophiques.

DARWIN (Ch.). — Les récifs de Corail, leur structure et leur distribution. Trad. fr. de L. Corserat. Paris, Schleicher frères, 1878. 1 vol. 344 p., in-8 3 pl. (8 fr.).

Etude approfondie de la formation des bancs de corail, des diverses formes d'îlots coralliens, de la nature de ces îles. Bien que très ancien (1842) cet ouvrage est toujours classique comme tous les travaux de Darwin; bien qu'œuvre de science pure, il est aisé à lire même par les non spécialistes. On trouvera à la fin du livre, une carte planisphère montrant la distribution des différentes classes de bancs de Corail et les positions des volcans actifs. Un coup d'œil jeté sur cette carte sera très utile à nos lecteurs pour qu'ils se rendent compte de ces deux éléments de modifications de l'écorce terrestre, coraux et volcans.

DARWIN (Ch.). — Rôle des Vers de terre dans la formation des terres végétales. Trad. fr. Lévêque. Paris, 1882. Schleicher frères. 1 vol. in-8, 264 p., 15 gravures (7 francs).

Monographie très suggestive sur le rôle des petits animaux dans la transformation de la terre. Ce rôle est évidemment minime, comparé aux influences qui ont pu être invoquées comme des causes de « Catastrophes »; mais, pour concevoir l'ensemble des phénomènes qui régissent l'évolution constante de notre planète, il est nécessaire de connaître le travail de ces animaux, d'une extrême petitesse. L'ouvrage plein d'observations curieuses est fort agréable à lire. On y trouvera des quantités de faits susceptibles d'intéresser le public, au cours de conférences populaires.

DARWIN (Ch.). — Observations géologiques sur les îles volcaniques. Trad. fr. de A.-F. Renard. Paris, Schleicher frères, 1902. 1 vol., 218 p., in-8, 14 figures et 1 planche (6 fr.).

L'auteur fait l'étude particulière de chacune des îles volcaniques qu'il a visitées au cours de son voyage autour du monde sur le *Beagle*.

FLAMMARJON. — Le monde avant la création de l'homme. Paris. Flammarion. 1 vol. gr. in-8, fig. et pl. (12 fr.). A été pendant longtemps le type de l'ouvrage de vulgarisation. Il conserve encore toute sa saveur, mais des ouvrages plus récents sont indiqués pour cet usage. L'auteur a donné à son travail une forme claire, agréable, pittoresque. Il est intéressant à consulter à cause des comparaisons qu'il emploie fréquemment et qui donnent des points de repère commodes et les moyens mnémo-techniques faciles à employer.

FOUQUÉ. — Les tremblements de terre. 1 vol. in-16, fig. (3 fr. 50). Fouqué fut un continuateur de Lyell.

A. GAUTIER. — Origine de l'hydrogène atmosphérique. *Bull. Soc. Chim.* Paris. T. 25 p. 231.

— Sur les gaz dégagés par les roches ignées sous l'influence de la chaleur. *id.* p. 337.

— Produits gazeux dégagés par l'action des roches ignées. Origine des gaz volcaniques *id.* p. 402. Cf. *Annales des Mines*, mars 1906. Voir p. 24 de notre *Histoire de la Terre*.

H. GUÉDE. — La Géologie. Paris, Schleicher frères. 1 vol., 724 pages, 451 figures (8 fr.). Est exclusivement destiné à présenter le plus grand nombre de faits sans en tirer des conséquences philosophiques. C'est un *Compendium* bien fait, clair, précis, où l'on trouvera beaucoup de documents. Un index bibliographique très complet fait de cet ouvrage un véritable dictionnaire de Géologie et de Paléontologie.

KRÄMER. — L'Univers et l'Humanité. Ouvrage traduit de l'allemand. Préface de Edmond Perrier. Paris, Bong. 5 volumes, très luxueusement imprimés et illustrés. Le premier volume seul traite de l'*Histoire de la Terre*. Il y a des figures très ingénieuses, pour expliquer des phénomènes décrits. Il n'y a pas de références bibliographiques et la tenue générale de l'œuvre n'est pas très scientifique.

LACROIX (A.). — La montagne Pelée et ses éruptions. Ouvrage publié par l'Académie des Sciences sous les auspices des Ministères de l'Instruction publique et des Colonies. Paris, Masson. 1905. 1 fort volume xxii 662 pages brillamment illustré de 238 gravures dans le texte et de 31 planches hors texte (60 fr.).

M. Lacroix, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, fut envoyé par le Gouvernement français pour étudier sur place l'éruption de la montagne Pelée. Il en a rapporté une grande quantité de documents publiés dans cet ouvrage malheureusement d'un prix élevé (60 fr.).

M. Lacroix a réuni dans un article de la *Dépêche coloniale illustrée* (30 avril 1903) quelques-unes de ses observations. C'est à cette publication que nous avons emprunté quelques clichés au début de notre travail.

LACROIX (A.). — Pompéi. Saint-Pierre. Ottajano. *Revue scientifique*. 1906. vol. II, p. 482 à 489, 519 à 523, 551 à 556 Effets des éruptions volcaniques et leur mécanisme.

LAPLACE. — Il a été fait un assez grand nombre d'éditions des œuvres de Laplace. La plus récente, celle qui présente le plus de garanties d'authenticité est : *Œuvres complètes de Laplace, publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences par MM. les Secrétaires perpétuels*. Paris, Gauthier-Villars. 1884, 12 volumes. Le volume vi renferme l'*Exposé du Système des Mondes* où sont développées les idées résumées dans les pages précédentes.

Cet ouvrage est coûteux, mais on trouve aussi la théorie de Laplace dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'année 1867, p. 434 à 458 (Gauthier-Villars, éditeur). C'est un article intitulé : *Note sur l'origine et la formation de notre système planétaire*, par Laplace. (Extrait de l'*Exposition du système des Mondes*. 6^e édition, 1835).

L'annuaire du bureau des Longitudes fit la réimpression populaire, si je puis dire, des œuvres de Laplace à un moment où cette question de l'origine des mondes était soulevée par des savants et des philosophes. De toutes les publications de cette époque il en est une qui nous semble devoir être signalée à cause de l'esprit vraiment scien-

tifique qui l'inspire; C'est de J.-B. RAMES. *In Création d'après la Géologie et la Philosophie naturelle*. Paris. Savy, 1869, 1 vol. 360 p.

LAPPARENT (A. de). — *Traité de Géologie*. Paris, Savy, 2^e édition, 1885, 1 volume, 1504 pages avec figures. Quelles que soient les opinions philosophiques de son auteur, cet ouvrage est le meilleur recueil classique à étudier pour apprendre à connaître l'Histoire de la Terre et les phénomènes qui ont accompagné la transformation de l'écorce terrestre. La lecture de tout cet ouvrage est la critique même des derniers mots de l'Introduction, concessions faites — sans droits — par l'auteur à des opinions philosophiques. *A priori* M. de Lapparent est déiste, mais les seules conclusions logiques à tirer de son travail sont conformes à celles que nous avons indiquées dans notre petit ouvrage.

Le *Traité de Géologie* de M. de Lapparent a été réédité chez Masson. La quatrième édition est de 1900. 3 vol. gr. in-8, de xiv-1912 p. avec 250 figures (35 fr.).

On trouvera des notions suffisamment étendues et très bien exposées dans deux autres ouvrages du même auteur.

LAPPARENT (A. de). — *Abrégé de Géologie*. Paris, Masson, 5^e édit. 1903. 1 vol. in-8 avec figures (4 fr.).

LAPPARENT (A. de). — *Notions générales sur l'Ecorce terrestre*. Paris, Masson, 1898. 1 vol. petit in-8, 3 figures (1 fr. 20).

LAUNAY (L. de). — *L'Histoire de la Terre*. Bibliothèque de Philosophie scientifique. Paris, Flammarion, 1906. 1 volume, 312 pages (3 fr. 50).

Ceci n'est pas un ouvrage de vulgarisation, mais il peut être utilement lu par tout le monde. La critique constante de l'auteur sur les idées et les faits rend le travail intéressant. Les conclusions quoique un peu en dehors du sujet sont très belles, à la condition toutefois que l'auteur fasse du mot esprit (p. 304 « germe du spiritualisme ») le synonyme de connaissance humaine, c'est-à-dire produit de l'évolution. Rien dans son ouvrage ne l'autoriserait d'ailleurs à penser autrement. Son envolée lyrique, à propos de la lutte « contre la chair ressemble à un néo-christianisme contre lequel il faut nous mettre en garde. Développer l'esprit n'implique pas forcément de détruire la chair qui le conditionne. Nous devons tendre vers un état de stabilité fonctionnelle. Nous recommandons néanmoins la lecture du travail de M. de Launay. La partie relative aux mouvements de l'écorce terrestre est d'une grande importance pour nos lecteurs. On y trouvera exposés assez longuement et d'une manière critique les résultats de cette branche de la Géologie appelée tectonique : mouvements du sol, soulèvements et affaissements, glissements d'immenses nappes, plissements de l'écorce, etc. L'Histoire des climats est une étude fort bien faite dans l'ouvrage de M. de Launay.

LESPAGNOL. — *L'Evolution de la terre et de l'homme*. Nombreuses gravures et cartes. Paris, 1905, in-8.

LYELL (C.). — *Principes de Géologie*. Paris. 2 vol. in-8 (20 fr.). Réagit contre les idées catastrophistes de Cuvier. Il substitue aux idées de Révolution, les idées d'Evolution en Géologie. Ces idées se sont tellement bien implantées aujourd'hui que l'ouvrage de Lyell n'est plus qu'un document historique, mais l'œuvre de Lyell subsiste entière et nous devons considérer en lui le savant qui a donné à la Science une impulsion considérable.

C'est dans les *Principes de Géologie* de Lyell que Darwin a puisé la notion des « causes actuelles », c'est-à-dire de l'évolution même, ainsi que l'indique la dédicace du *Journal d'un Matérialiste*. Ceci montre l'importance philosophique des idées de Lyell, puisque ce tra-

- vail de Darwin précéda de 15 ans environ la publication de son *Origine des Espèces*.
- MARTEL (E.-A.). — Les abîmes. Paris. 1 vol. gr. in-8, fig. (20 fr.). Récit des explorations de l'auteur dans les abîmes. Intéressante documentation sur ce point spécial.
- MEUNIER (Stadislas). — Les Pierres et les Terrains. Paris. 1 vol. in-18, fig. (2 fr.). Ouvrage de vulgarisation.
- MOISSAN. — Sur la distillation du titane et la température du soleil. *Bulletin de la Soc. Chim. Paris*. 5 nov. 1906, p. 95.
Voir p. 22 de notre HISTOIRE DE LA TERRE.
- NERGAL (M. I.). — L'évolution des Mondes suivi des principaux progrès de l'Astronomie. Encyclopédie d'enseignement populaire supérieur. Paris, Schleicher frères. 1 vol. (160 p.).
- ROBIN (Aug.). — La Terre, ses aspects, sa structure, son évolution. Paris, Larousse s. d. 1 vol. in-4, 329 pages, 3 cartes géologiques en couleur, 760 reproductions photographiques, 53 tableaux de feuilles caractéristiques, 158 dessins (15 fr.). Vaut surtout par la richesse de ses documents photographiques. Les textes, brefs, qui accompagnent les illustrations sont rédigés clairement mais sans aucun esprit philosophique. C'est une « Géologie pittoresque » agréable à parcourir, mais qui n'a rien du livre scientifique et philosophique. Peut être utilement consulté pour compléter par l'image les enseignements des autres traités
-

INDEX ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME

Pour les noms d'auteurs et les titres d'ouvrages qui ne sont pas contenus dans cet index, il faut se reporter à l'*Index bibliographique*.

En consultant l'index des matières, il convient de lire toujours la page entière à laquelle on est renvoyé : plusieurs renseignements de même nature sont parfois dans la même page.

Se reporter à tous les renvois relatifs à un même fait et ne fixer son opinion qu'après les avoir tous consultés; certains renvois paraissent contradictoires.

Les définitions de mots peu connus ou techniques qui sont données dans le volume ne seront pas reportées à l'Index.

A

AGE

— des métaux, 107.

ALLUVIONS

(de *al* pour *ad* et *luere*, arroser). On appelle alluvions les accroissements de terrain produits par les dépôts des rivières ou des mers, 37, 38, 39, 101, 102.

ALPES

Souèvement de la chaîne des — 95.

Glaciers des — 99, 100.

AMIANTE

L'amiante est un silicate de magnésie; c'est une substance minérale naturelle, incombustible et infusible, 65.

AMMONITES

78, 79, 80, 89.

ANNEAU

— de la planète Saturne, 14.

Refroidissement de l' — 16.

ANTHRACITE

(anthrax, charbon). C'est un carbone d'origine végétale, comme la houille, mais plus ancien qu'elle et qui sert à la combustion. On le trouve dans les terrains de transition au milieu des roches schisteuses et arénacées. On peut le regarder comme une houille sèche, il contient environ 90 p. 100 de coke et très peu de matières volatiles, 55, 71.

ARCHÉEN

(du grec *arkaios*, ancien). Ce mot désigne les terrains les plus anciens. Voir TERRAINS.

ARCHÉOPTÉRYX

83.

ARDOISE

(pierre schisteuse, de couleur bleuâtre qui sert à couvrir les maisons) 54.

ARÉNACÉ

(qui a la forme ou les propriétés du sable. Du latin *arena*, sable) 54.

ARGILE

(du lat. *argilla*, du grec *ἀργίλλος* = terre blanche). L'argile pure est un silicate d'aluminium hydraté; elle porte le nom de kaolin ou terre à porcelaine. Les argiles ordinaires renferment en outre de l'oxyde de fer ou de la chaux, 48, 54, 87.

ARTS GRAPHIQUES

Premières formes d' — 108.

ATMOSPHÈRE

19.

Vapeurs de l' — 31.

ATOME

(On appelle atome la plus petite partie d'un corps simple qui puisse entrer dans une combinaison ou dans un molécule) 122.

AUSTRALIENS

104.

- AXE**
— de rotation, 13.
- B**
- BACILLES**
(du latin *bacillus*, baguette; organisme microscopique unicellulaire, affectant la forme d'un bâtonnet droit ou courbe) 60.
- BACTÉRIES**
(Etres vivants microscopiques habitant l'air ou l'eau; ils sont les agents habituels des maladies contagieuses. Ces organismes comprennent des algues, des lavares, des champignons, etc. Leur étude date surtout de Pasteur, qui a pu les isoler par ses méthodes de culture, dans du bouillon, etc.) 60.
- BATHYMÉTRIE**
(Mesure des profondeurs de la mer) 113.
- BATRACIENS**
69.
- BELEMNITES**
78, 80, 89.
- BŒUFS**
94.
- BOUCHER DE PERTHES**
105.
- BRACHIOPODES**
— de l'ère primaire, 67.
- BRONTOSAURE**
82.
- C**
- CALCAIRES**
(Le calcaire est un corps extrêmement répandu; il existe dans presque tous les terrains et forme une partie importante de la croûte terrestre. C'est du carbonate de calcium. On le trouve sous différentes formes, à l'état cristallisé (spath) et sous la forme de : marbres, craie, albâtre, etc. 54, 87.
— marneux, 87.
- CARBONIFÈRE**
Période — 70.
- CARNASSIERS**
Apparition des — 97.
- CARTES**
— générales des mers, 113, 114.
— lithologique du fond des mers, 115, 62, 120.
- CATAGLYSMES**
Théorie des — 45.
- CAUSES**
— actuelles de l'évolution de la terre, 31.

- CAVERNES**
(Voir ours), 102.
Homme des — 107.
- CENTRIFUGE**
Voir FORCE CENTRIFUGE.
- CÉPHALOPODES**
80.
- CERFS**
Apparition des — 94.
- CHALEUR**
Hypothèses sur la nature de la — solaire, 122.
- CHAUX**
(la chaux vive — CaO — s'obtient en décomposant par la chaleur le carbonate de calcium. Pour s'en procurer il suffit de mettre un bâton de craie dans le feu, — pour l'avoir pure il suffit de calciner du marbre blanc. Elle sert à la fabrication du mortier, etc.) 52.
- CHÈNES**
79.
- CHESWING**
34.
- CHEVAUX**
Origine des — 93, 95.
- CHUTES**
34.
- CLIMAT**
Modification des — 34.
— de l'ère primaire, 71.
— de l'ère secondaire, 86.
— de l'ère tertiaire, 97.
— de la période glaciaire, 101.
- CONGLOMÉRATS**
(Agréation de substances diverses) 10, 54.
- CONTINUITÉ**
— des Espèces, 83, 84.
- COPROLITHES**
(Concrétions qui représentent la fiente de certains animaux fossiles) 56.
- CORAIL**
Archipels de — 41.
Coraux, 67, 79.
— de l'ère primaire, 71.
- COURANTS**
Voir MER.
— marins, 115, 116.
- COURS D'EAU**
34, 36.
Formation des — 19.
- CRATE**
(Calcaire friable à grains fins, provenant des coquilles calcaires d'animaux microscopiques; on le désigne sous le nom de blanc d'Espagne, blanc de Meudon) 48, 55, 87.
- CREUSEMENT**
— des vallées, 101.

- CRISTAL DE ROCHE
Voir QUARTZ.
- CRUSTACÉS
— de l'ère secondaire, 80.
- CRYPTOGAMES
(Plantes telles que les mousses, les
fougères, dont les organes de la re-
production sont cachés. — Mot
formé de deux mots grecs signifiant :
crypto, caché; gamos, mariage) 65,
66.
- CULTURE
109.
Origine de la — 107.
- DELTA
(Note. Les deltas sont les terres allu-
viales qui se forment à l'embouchure
des fleuves. Le mot vient de la qua-
trième lettre de l'alphabet grec, de
forme triangulaire comme certains
deltas) 38.
- D
- DENSITÉ
(La densité d'un corps est le rapport
de la masse de ce corps à son volume,
ou autrement le quotient de la
masse divisé par le volume) 14.
— de la terre, 29.
- DÉTERMINISME
Exemple de — 89, 90.
Cf. 91.
- DÉVONIEN
Période dévonienne, 70.
- DICOTYLÉDONES
(Plantes dont l'embryon a deux lobes
ou cotylédons. Ce sont les végétaux
les plus complets; ceux dont l'orga-
nisation est la plus compliquée) 78.
- DIMENSION
Diminution de — d'un corps qui se
refroidit, 13.
- DINOSAURIENS
81.
- DOLMENS
109.
- DUMONT-DURVILLE
119.
- DUNES
Formation, hauteur, déplacement des
— 32.
Progression des — 33.
Fixation des — 34.
- DYNOBÉRIUM
93.
- E
- ECORCE
Epaisseur de l' — terrestre, 23.
Formation de l' — terrestre, 18.
Travail de l' — terrestre, 21 sqq.
- ECRITURE
Débuts de l' — 110.
- ELÉPHANTS
Apparition des — 93.
- ENERGIE
Conservation de l' — 43, 64.
Utilisation de l' — solaire, 77.
— intra-atomique, 122.
Rapports de l' — avec la matière, 122.
- EOCÈNES
Terrains — 95, 97.
- EPONGES
— fossiles de l'ère secondaire, 79.
- EQUATEUR
16.
- ERES
(définition) 61.
Classification des — 62, 63.
Durée des — 63.
- ÈRE PRIMAIRE
65.
Animaux de l' — 65, 67, 68, 69.
Durée de l' — 70.
Géographie de l' — 70.
Géologie de l' — 69 et s.
Végétaux de l' — 65, 66, 67.
- ÈRE SECONDAIRE
Animaux de l' — 78, 79, 80, 81.
Caractères généraux de l' — 78.
Géographie de l' — 86.
Géologie de l' — 84 et s.
Végétaux de l' — 78.
Roches de l' — utilisées par l'homme,
87, 88.
- ÈRE TERTIAIRE
Animaux de l' — 89, 90, 92, 93, 94, 95,
96.
Caractères généraux de l' — 88, 89.
Géographie de l' — 96.
Géologie de l' — 95, 96.
Végétaux de l' — 89, 90, 91, 92.
- ÈRE QUATERNAIRE
Durée de l' — 98.
- ÉROSION
(Travail ou action des substances éro-
sives, c'est-à-dire qui attaquent ou
rongent. Ex. : le travail des eaux
contre les roches), 36.
- ERRATIQUE
(Les blocs erratiques sont des frag-
ments de roche qui, ne se rattachant
à aucune couche géologique, paraissent
avoir été transportés loin des
formations auxquelles ils apparte-
naient).
Blocs — 38.
- ESPÈCES
— animales disparues, 103, 104.
- ETAGE
(définition) 61.
- ÉTOILES
10.

EVOLUTION

- Théorie de l' — 44.
 Continuité de l' — 62, 104, 121.
 — de la terre, 120, 121.
 Sens de l' — de la terre, 123.

F

FALAISES

47, 48.

FELDSPATH

(Les feldspaths sont des silicates, dont le plus important, l'orthose, est un silicate double d'aluminium, et de potassium; c'est un des éléments des granits), 53.

FER

84.

FEU

— central de la terre, 18.
 Le — dans l'industrie, 110.

FILON

— métallifères, 65.
 — de roches éruptives, 65.

FINALISTE

(Partisan de la doctrine des causes finales, doctrine d'après laquelle on admet que rien n'est et ne se fait que pour une fin voulue et déterminée).

Préjugé — 123.

FORAMINIFÈRES

67, 79.

FORCE CENTRIFUGE

(Force qui fait qu'un corps mù rapidement en rond tend à s'échapper), 14, 15, 17, 18.
 La — et les mouvements de la mer, 111.

FORMATIONS

— disloquées, 47-51.
 — massives, 47-50.
 — stratifiées, 47-50.

FORME

— globulaire des planètes, 17.

FOSSILES

55.
 Gisements de — dans les environs de Paris, 48, 50.
 — caractéristiques, 59.
 — microbes, 65.
 Intérêt de l'étude des — 68.
 — de l'ère primaire, 65.
 — de l'ère secondaire, 78.
 — de l'ère tertiaire, 89.

FOUGÈRES

67.

G

GALETS

Fragments de roches, en général sphériques, de grosseurs diverses formés par le mouvement de: eaux), 54.

GASTÉROPODES

(Ordre de la classe des mollusques, chez lesquels un épaississement du disque ventral forme une sorte de pied à l'aide duquel ils glissent en rampant. Ce mot est formé de deux mots grecs: *gaster*, ventre et *podos*, pied), 91, 95.

GÉOLOGIE

(De *gê*, terre et *logos*, traité; science qui a pour objet la connaissance de la forme extérieure du globe, l'étude des différents terrains, de leur formation et de leur position actuelle), 46.

Application de la — 76.
 — et océanographie, 115.

GÉOPHYSIQUE

Problèmes de la — 117.

GLACIERS (voir icebergs)

Formation des — 34.
 Mouvements des — 37.
 Action des — 37.

Développement des — pendant l'ère quaternaire, 98, 99, 100, 101.

GLOBIGÉRIENS

(Genre de foraminifères, dont les débris accumulés constituent les argilles des grands fonds marins), 55.

GNEISS

(Les gneiss ont la même composition que les granits, mais les matériaux sont groupés autrement), 64.

GRAMINÉES

89.

GRANIT

(Les granits sont composés, généralement, d'une agglomération de feldspath, de mica et de quartz; ce sont des silicates), 65.

GRÈS

(Les grès sont des roches siliceuses formées de sable aggloméré par des cimentés divers: on en fait des pavés), 69, 87.

GROUPE

— géologique, 61.

GYMNOSPERMES

(Classe de plantes, dans laquelle les fleurs ont quatre graines nues au fond du calice), 78.

GYPSE

(Le gypse ou pierre à plâtre est une combinaison de sulfate de calcium et d'eau; ce corps, chauffé dans des fours, perd son eau et donne le plâtre), 48.

H

HABITATION (voir cavern

— primitives, 109.

- HERSCHEL
10.
- HIPPARION
93.
- HISTOIRE
Débuts de l' — 110.
- HISTORIQUE
Période — 106.
- HOLOCÈNE
99.
- HOMME
Apparition de l' — 63, 94, 95, 98, 104.
L' — fossile, 105.
L' — primitif, son milieu, 106, 107, 108.
Rôle de l' — 63, 44.
Action de l' — sur la terre, 41, 42.
- HOUILLE
(La houille provient de la décomposition, à l'abri de l'air, de végétaux qui ont été enfouis sous l'eau. Elle a une composition très variable et contient de 75 à 90 p. 100 de carbone. Elle est employée comme combustible). 55, 67, 71, 75, 76.
Origine de la — 74.
- HUITRES
79.
- I
- ICEBERG
(Mot formé de deux mots allemands : *eis*, glace; *berg*, montagne. Les icebergs sont des masses de glaces flottantes que l'on rencontre dans les régions polaires), 38.
- ICHTYOSAURE
81.
- IGNÉ
(Du latin *igneus* de *ignis*, feu; qui a les qualités du feu).
Matière — 23.
- IGUANODON
81.
- INCOMMUTABILITÉ
— de la matière, 122.
- INDUSTRIE
Première — humaine, 106.
— des métaux, 109.
— de l'ivoire, 168.
- INFINI
Notion d' — 121.
- INSECTES
— de l'ère secondaire, 80, 91.
- INTELLIGENCE
Débuts de l' — 107.
- ISOBATHES
114.

J

JURASSIQUE
Période — 85, 86.

K

KAOLIN
(Le kaolin ou terre à porcelaine est de l'argile pure, donc un silicate d'aluminium hydraté. Cette matière blanche, peu fusible, délayée avec de l'eau forme une pâte que l'on peut travailler facilement), 65.

L

- LACUSTRE
Cités — 109.
- LAMELLIBRANCHES
(Famille de mollusques acéphales, dont les branchies ont la forme de lames demi-circulaires), 91.
- LAPLACE
9, 10.
Confirmation de la théorie de — 25.
- LAURIERS
79.
- LAVE
39, 40.
- LAVOISIER
Principe de — 121, 122, 123.
- LIBELLULES
69.
- LIGNITE
(Les lignites sont des charbons impurs, ayant une origine semblable à celle de la tourbe, mais plus ancienne. Dans certains endroits ils ont conservé la forme du bois qui leur a donné naissance. Le jais est une lignite), 55.
- LIPPMANN
(physicien, professeur à la Sorbonne), 117.
- LITHOGRAPHIQUE
(Les pierres lithographiques sont formées par un calcaire compact et susceptible d'un beau poli).
Pierre — 87.
- LITHOLOGIQUE
(Lithologie, formé de deux mots grecs: *lithos*, pierre et *logos*, traité, est la science qui traite de la connaissance des pierres).
Méthode — 51, 56.
- LESS
32.
- LUNE
Formation de la — 18.
— astre mort, 19.

M

- MAGNÉTISME**
— terrestre, 30.
- MAMMIFÈRES**
(Les mammifères sont des vertébrés vivipares, à température constante et à mamelles), 89, 92, 93, 94, 95.
Apparition des — 84.
- MAMMOUTH**
102, 103, 107.
- MARBRE**
(Les marbres sont des calcaires compacts qui ont été formés par l'action de la chaleur et de la pression sur les calcaires ordinaires), 54, 87.
- MARNE**
(Les marnes sont des mélanges d'argile et de calcaire), 48.
- MARSUPIAUX**
(Les marsupiaux sont des quadrupèdes qui ont un os marsupial et une poche destinée à recevoir les petits), 92.
- MASSIF CENTRAL**
— de la France pendant la période glaciaire, 100.
- MASTODONTE**
93, 95.
- MATIÈRE (voir énergie)**
— cosmique, 10, 16.
Conservation de la — 43, 44.
Etats de la — 121.
Dissociation de la — 122.
- MÉGACÉROS**
103.
- MÉGALITHIQUES**
(Du grec : *megalo*, grand et *lithos*, pierre. Monuments formés de grosses pierres, tels que les dolmens, menhirs), 109.
- MÉGATHÉRIUM**
103.
- MER**
Action de la — 34, 36.
Courants dans les — 34.
Dépôts animaux des fonds de la — 67.
Etendue des — 31.
Fond des — de l'ère secondaire, 79.
Formation des — 79.
Formes du fond des — 113, 115.
Mouvement de la — 111, 118.
Mouvement des — et forme des tourbillons, 119.
Nature du fond des — 115.
Origine des — 26.
Pression au fond des — 114.
Profondeurs des — 114.
— de roches, 34.
Rôle de la — dans la formation de la terre, 48, 49, 50.
Température du fond des — 115, 117.
Transparence de l'eau de la — 117.

MÉSOZOÏQUE

- 63.
- MÉTÉOROLOGIE**
(De deux mots grecs : *meteoros*, élevé, qui se passe dans l'air et *logos*, traité. Partie de la physique qui traite des phénomènes atmosphériques et, plus généralement, des conditions de climat à la surface du globe).
— ses rapports avec l'océanographie, 112.
- MENHIR**
109.
- MICA**
(Le mica est un silicate complexe d'aluminium de fer, potassium et magnésium), 50, 53.
- MICASCHISTE**
64.
- MICROCOCQUE**
66.
- MIOCÈNE**
Terrains — 95.
- MOLÉCULES**
(La molécule d'un corps simple ou composé est la plus petite partie de ce corps qui puisse exister à l'état de liberté; c'est donc la plus petite partie d'un corps que l'on pourrait se procurer, si on poussait la division de la matière à sa dernière limite), 14.
Attraction des — 45.
- MOLLUSQUES**
— de l'ère primaire, 67.
— de l'ère secondaire, 79.
— de l'ère tertiaire, 91.
- MONTAGNES**
Âges des — 57.
Formation des — 18.
- MORAINES**
(Amas de pierres que les glaciers déposent sur leurs bords et à leur extrémité inférieure, et qui proviennent de la masse glaciée, rejetant à droite et à gauche : terre, roches), 99.
- MOSOSAURE**
81.
- MOULINS**
— du diable, 34.
- N**
- NÉBULEUSES**
10.
- NEIGES**
Formation des — 34.
- NÉOLITHIQUE**
(Du grec : *neos*, nouveau et *lithos*, pierre. Se dit de la période la plus récente de l'âge de pierre), 107.
Civilisation — 108.

- NOYAU
 — central, 10, 14.
 — nébuleux, 10.
 Centre d'un — 16.
 — central du système solaire, 17.
 Influence du — central sur l'aiguille aimantée, 30.
 Refroidissement du — central, 17.
 Solidification du — central, 17 18.

NUMMULITES

90 95.

O

- Océan (Voir : Mer.)
 Etendue des — 111.
 Océanographie
 Définition de l' — 111.
 — et géologie, 115.
 Importance de l' — pour l'étude de l'histoire de la terre, 50.

OISEAUX

- de l'ère tertiaire, 92.
 Apparition des — 82.

OLIGOCÈNES

Terrains — 95, 97.

ORIGINE

— de la terre, 9, 123.

ORNEMENTS

— primitifs, 110.

Os

Industrie de l' — 108.

OURS

— des cavernes, 102, 107.

OURSINS

79.

OXYDES

— métalliques, 52.

P

PACHYDERMES

93, 95.

PALÉOLITHIQUE

(Du grec *palaios*, ancien, et de *lithos*, pierre. Se dit des plus anciennes époques de l'âge de pierre), 106.
 Civilisation — 107, 108.

PALÉONTOLOGIQUE

(Du grec *palaios*, ancien, *ontos*, être, et *logos*, traité. Science qui traite des fossiles.)
 Méthode — 58.

PALÉOTHERIUM

93.

PALÉOZOÏQUE

Terrains anciens parmi les terrains secondaires et contenant les animaux les plus anciens), 62.

79. PALMIER

PARIS

Terrains de — 97, 119.

PÉRIODE

61.

PERMIEN

Période — 70.

PÉTROGRAPHIE

(*Petra*, pierre, *graphos*, je décris. Science qui traite de la description des pierres), 51.

PÉTROLE

Origine du — 88.

PEUPLIERS

79.

PHÉNOMÈNES

(Du grec *phainomenon*, ce qui apparaît. Désigne tout ce qui est perçu par les sens ou la conscience), 121, 123.

PIERRE

- précieuses, 65.
 — taillée, 99.
 Découverte des — taillées, 105.
 Industrie de la — taillée, 107.

PITHÉCANTHROPE

(De deux mots grecs, *pithêkos*, singe, et *anthrôpos*, homme. Nom d'un être anatomiquement intermédiaire entre le singe et l'homme et dont on a cru retrouver à Java quelques ossements fossiles), 45.

PLANÉTAIRE

Phase — du système solaire, 17.

PLATEAU

(physicien).

Expérience de — 14.

PLATEAU

— central, pendant l'ère tertiaire, 96.

PLÉISTOCÈNE

99, 106.

PLÉIOSAURE

81.

PLIOCÈNE

Terrains — 95.

PLOMBAGINE (ou Graphite)

(Le graphite est du charbon presque pur ; il brûle dans l'oxygène en donnant de l'anhydride carbonique. Il est employé comme charbon dans les lampes à arc, et pour la fabrication des crayons), 65.

PLEUVE

— pendant la première partie de l'ère quaternaire, 101.

POISSONS

- cuirassés, 69.
 Disparition des — cuirassés, 80.
 — à écailles, 80.
 — osseux, 92.
 — à vertèbres ossifiées, 81.

PÔLE

Aplatissement des — 18.
Aplatissement de la terre à ses — 2,
15, 16.
Déplacement du — de la terre, 40.

POTERIE

Débuts de la — 109.

PRÉHISTORIQUE

Périodes — 106.
Temps — 26.

PRÊLES

66.

PTERODACTYLES

(Du grec *ptéron*, aile, et de *daktulos*, doigt. Genre de reptiles volants, dont on n'a retrouvé que des débris fossiles), 82.

PYRÉNÉES

Glaciers des — 99.
Soulèvement des — 96.

Q

QUADRUPÈDES

Origine des — 69.

QUARTZ

(Le quartz ou cristal de roche est une silice pure à l'état cristallisé. Ce corps se présente en prismes hexagonaux dont les bases portent des pyramides hexagonales), 50, 52.

R

RADIOLAIRES

67, 79.

REPTILES

89, 92.
— de l'ère secondaire, 81.
— volants de l'ère secondaire, 82.

RHINOCÉROS

Apparition des — 93.

ROCHES (Voir Formation)

Action des — entraînées, 36.
Age des — 57.
Désagrégation des — 54.
— acides, 53.
— basiques, 53.
— neutres, 53.
— sédimentaires, 53, 97.
— volcaniques, 97.
Les — la vie, 55.

ROSS

119.

ROTATION

Vitesse de — 13.

RUMINANTS

93.

S

SABLE

(Le sable est de la silice en grains plus ou moins fins).
Formation du — 32.

SATELLITE

(Planète qui fait sa révolution autour d'une autre planète et la suit dans la révolution que celle-ci fait elle-même autour du soleil), 17.

SATURNE

Anneau de la planète — 14.

SCHISTES

(Minéraux de structure lamelleuse formés principalement de silice, d'argile et de divers oxydes métalliques), 54, 69.

SCIENCE

Méthodes de la — 46, 121.

SÉDIMENTAIRES (Voir Roches)

(Sol ou terrain formé de sédiments, c'est-à-dire de couches que les eaux ont laissées en se retirant), 51, 53, 54, 55.

SEL GEMME

(C'est un chlorure de sodium, à l'état de roche), 97, 88.

SELS

— en dissolution dans la mer, 19, 20.

SILICE

(La silice est un composé d'oxygène et de silicium. La silice est un anhydride; chauffée avec une base, elle donne des sels: les silicates. Elle est très répandue dans la nature: quartz, sable, grès, etc.), 52.

SILURIEN

Période — 78.

SINGES

95.

SOCIABILITÉ

Premières formes de la — 107.

SOLEIL

18.
Température du — 22.

SOLIDIFICATION (Voir Terre, Noyau)

SOLIPÈDES

(Famille de mammifères comprenant ceux qui ont un seul doigt apparent et un seul sabot à chaque pied, comme le cheval, l'âne), 93.

- SONDAGES
113, 114.
SPECTRAL
Analyse — 22.
SPHÉRICITÉ
— des corps célestes 15.
STRATIGRAPHIQUE
68.
Méthode — 51, 57.
SYSTEME
— géologique, 61.
— solaire, 17.

T

- TÉLESCOPE
10.
TERRAINS
— archéens, 64, 65.
— primaires, leur épaisseur, 70.
TERRE
(Voir VENTS, TEMPÉRATURE).
Actions des êtres vivants sur la — 41.
Age de la — 59, 60, 41.
Aplatissement de la — à ses deux pôles, 15, 16.
Causes actuelles de l'évolution de la — 31.
Densité de la — 29.
Evolution de la — 42.
Evolution de la surface de la — 31.
Facteurs des modifications de la surface de la — 39.
Formation de l'écorce de la — 18, 23.
Modifications continues de la surface de la — 29.
Nouvelles — 40.
Noyau central de la — et sa diminution de volume, 25.
Origine et évolution de la — 45.
Origine de la — 9, 119, 120, 123.
Refroidissement de la — 25.
Solidification de la — 18, 20, 21.
Température de la — 18, 19, 20, 21, 22.
— astre mort, 44.
Vie de la — 120.
THERMOMÈTRE
— à renversement pour la mesure des températures des grandes profondeurs, 117.

TISSUS

- Fabrication des premiers — 109.

TOURBE

(La tourbe est une matière spongieuse, noirâtre, qui se forme encore de nos jours dans les marais; elle est produite par la décomposition de certaines plantes, surtout des mousses du genre *sphagnum*; desséchée elle contient de 50 à 55 p. 100 de charbon et s'emploie comme combustible) 55.

TOURBIÈRES

- Formation des — 102.

TREMBLEMENTS

- de terre, 39.

TRIAS

- Période du — 85, 86.

TRILOBITE

68.

TROCHOÏDE

(qui ressemble à une roue tournant sur son axe. Vient de deux mots grecs signifiant roue et forme) 119.

TROGLODYTES

(de deux mots grecs signifiant : caverne et entrer. Nom des hommes préhistoriques ou des peuples non civilisés qui habitent des cavernes) 107.

TRYSERATOPS

81.

U

UNIVERS

- sidéral, 10.

V

VAGUES

118.
Action des — 36.
Hauteur des — 119.

VALLÉES

- Formation des — 18.

VENTS

- Action des — 32, 34.

VERTÉBRÉS

69.
Origine des — 69.

VÉSUVÉ

39.

VIE

- Apparition de la — 19, 20, 62, 63, 64, 65.
Evolution de la — 44.
Formes anciennes de la — dans les roches, 55.
— de la terre, 120.

VILLES

- Détermination de l'emplacement des — 27.

VOIE LACTÉE

10.

VOLCANS

39.

Eruption des — 24.

Situation des — sur la terre, 27 à 29.

Théorie des — 24 (note).

— de l'ère primaire, 71.

— de l'ère tertiaire, 96.

— de l'ère quaternaire, 102.

W

WIELICZKA

Mines de sel gemme de — 97.

(A Wieliczka la couche de sel est de 300 mètres de profondeur, on l'exploite par galeries souterraines comme les mines de houille).

FIN DE L'INDEX ALPHABÉTIQUE

TABLE DES FIGURES

	Pages
Figure 1. — Expérience de Plateau.....	15
— 2. — Figure théorique montrant la formation des continents et des mers.....	22
— 3. — Eruption volcanique (figure théorique).....	23
— 4. — Les flancs de la Montagne Pelée, au voisinage du Prêcheur.....	24
— 5. — L'aiguille terminale du dôme formé par l'éruption de la Montagne Pelée.....	26
— 6. — La barre de nouvelle formation à Basse-Pointe, lors de l'éruption de la Montagne Pelée.....	27
— 7. — Un paysage terrestre (la chaîne des Pays) montrant la dislocation de la croûte terrestre.....	28
— 8. — Action éolienne sur les rochers griseux de la presqu'île du Cap Blanc.....	32
— 9. — Schéma de la formation des dunes.....	33
— 10. — Maison démolie par le choc d'un bloc au cours d'une inondation à Basse-Pointe.....	33
— 11. — Chute du Vahimarva à Madagascar.....	35
— 12. — La jetée de Dieppe. — A. Avant le 2 janvier 1899.	36
— 13. — — — B. Après le 2 janvier 1899.	37
— 14. — — — C. Après le 10 janvier 1899.	38
— 15. — Le glacier d'Aletsch.....	39
— 16. — Extrémité du glacier du Rhône.....	40
— 17. — Formation de glaces flottantes.....	41
— 18. — Morceau de roche poli et strié par le glissement d'un glacier.....	42
— 19. — Résultat séculaire du travail d'érosion d'un cours d'eau.....	43
— 20. — Falaises de Dieppe.....	47
— 21. — Stratification des roches, dite stratification horizontale.....	48
— 22. — Coupe d'un ravin, vallon ou tranchée de route....	49
— 23. — Roches massives ou non stratifiées.....	49

	Pages
Figure 24. — Fractures de l'écorce terrestre livrant passage aux matières ignées qui se solidifient en formant les roches éruptives.....	50
— 25. — Type simple de stratification.....	56
— 26. — Stratification des roches dite stratification <i>relevée</i>	57
— 27. — Stratification relevée verticale.....	57
— 28. — Type de stratification complexe.....	58
— 29. — Couches soulevées plus fortement d'un côté que d'un autre par une masse rocheuse.....	58
— 30. — Couche soulevée sous l'influence d'une pression interne.....	59
— 31 et 32. — Couches primitivement horizontales devenues sinueuses sous des influences postérieures.....	60
— 33. — Tronc de Sigillaires.....	66
— 34. — Fragment de tronc de <i>Lepidodendron</i>	66
— 35. — Fossile de <i>picopteris truncata</i> avec ses fruits.....	67
— 36. — Graptolites.....	68
— 37. — Spirifère.....	68
— 38. — Pentamerus.....	69
— 39. — Trilobite articulé de l'ère primaire.....	70
— 40. — Nautilite.....	70
— 41. — <i>Murchisonia bilemata</i> , mollusque gastéropode de l'ère primaire.....	71
— 42. — <i>Pterichys</i> d'Ecosse.....	74
— 43. — Poisson primaire à queue <i>hétéroerque</i>	74
— 44. — Déroit westphalien au début de la période dévonienne montrant la répartition des terres dans la nord de la France.....	75
— 45. — Distribution probable des terres en France à la fin de l'ère primaire.....	75
— 46. — Coupe du terrain houillier des environs de Saint-Etienne.....	76
— 47. — Foraminifères fossiles de la craie, genre <i>orbitoides</i>	78
— 48. — Eponge fossile de l'époque secondaire (jurassique).....	79
— 49. — Encrine, étoile de mer fossile à forme de lys, très fréquente dans le trias moyen.....	79
— 50. — <i>Ananchytes ovata</i> , oursin de la craie.....	79
— 51. — Huître de l'époque jurassique (<i>ostrea marshii</i>).....	80
— 52. — Hippurite, mollusque de la craie.....	81
— 53. — Ammonite.....	82
— 54. — <i>Ceratites nodosus</i> . Ammonites de la première partie des temps secondaires.....	82
— 55. — <i>Turrilites catenaters</i> , coquilles de mollusques caractéristiques de la craie.....	83
— 56. — <i>Belemnites hastatus</i> , coquille interne de mollusque.....	83

	Pages
Figure 57. — <i>Ichtyosaure</i> (jurassique).....	84
— 58. — <i>Pterodactyle</i>	84
— 59. — Queue et membre postérieur de l' <i>Archæopteryx</i>	85
— 60. — La mer de Trias en Europe.	85
— 61. — Méditerranée médio-jurassique avec les terres avoi- santes.....	86
— 62. — Distribution des terres en France pendant l'ère secondaire.....	87
— 63. — Portions émergées de la France à la fin de l'ère secondaire.....	88
— 64. — Fragment de calcaire ou de grès renfermant des <i>nummulites</i> (échantillon des Pyrénées).....	89
— 65. — <i>Cérithes</i> géant.....	90
— 66. — Coquilles fossiles des terrains oligocènes.....	91
— 67. — Plaque de calcaire tertiaire où se trouvent des squelettes de <i>Lebias</i>	91
— 68. — <i>Palæotherium</i> des terrains tertiaire du bassin de Paris.....	92
— 69. — Crâne de <i>dinotherium</i>	93
— 70. — France à l'époque éocène.....	94
— 71. — France oligocène vers l'époque des sables de Fon- tainebleau.....	95
— 72. — France pendant l'époque néogène.....	97
— 73. — Limites du <i>drift</i> en Europe (fin du tertiaire).....	100
— 74. — <i>Megatherium</i> (tertiaire).....	103
— 75. — Instrument chelléen des alluvions quaternaires de Saint-Acheul.....	108
— 76. — Pointe de flèche à barbelures et à pédoncule. Pala- fite du lac de Varèse.....	108
— 77. — Poignard en bois de renne trouvé à Laugerie-Basse (Dordogne).....	109
— 78. — Etendue proportionnelle des mers et des continents terrestres.....	112
— 79. — Principaux courants marins des côtes de l'Amé- rique.....	116

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	v
PRÉFACE.....	v

PREMIÈRE PARTIE

L'origine de la Terre.

L'origine de la Terre.....	9
----------------------------	---

DEUXIÈME PARTIE

Le travail de l'écorce terrestre.

Le travail de l'écorce terrestre.....	21
---------------------------------------	----

TROISIÈME PARTIE

L'évolution de la surface de la terre et les phénomènes actuels.

L'évolution de la surface de la terre et les phénomènes actuels..	31
---	----

QUATRIÈME PARTIE

Géologie.

Géologie.....	46
Roches sédimentaires.....	53
Fossiles.....	55
Histoire de la terre par époques géologiques.....	56
Terrains archéens.....	64
Ere primaire.....	65
Ere secondaire.....	78
Ere tertiaire.....	88
Ere quaternaire.....	98
Industrie de la pierre taillée.....	107

APPENDICE

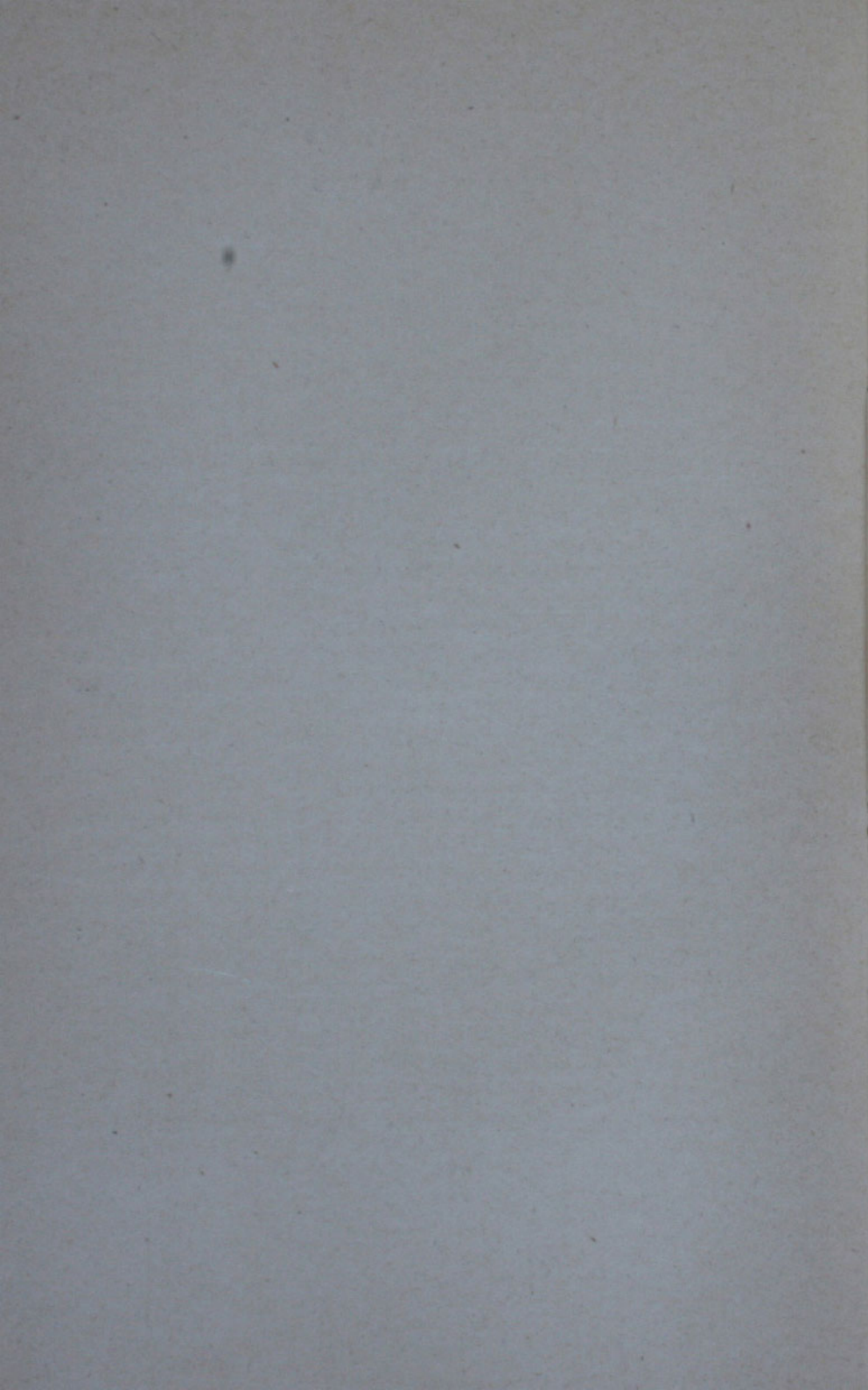
L'Océanographie.

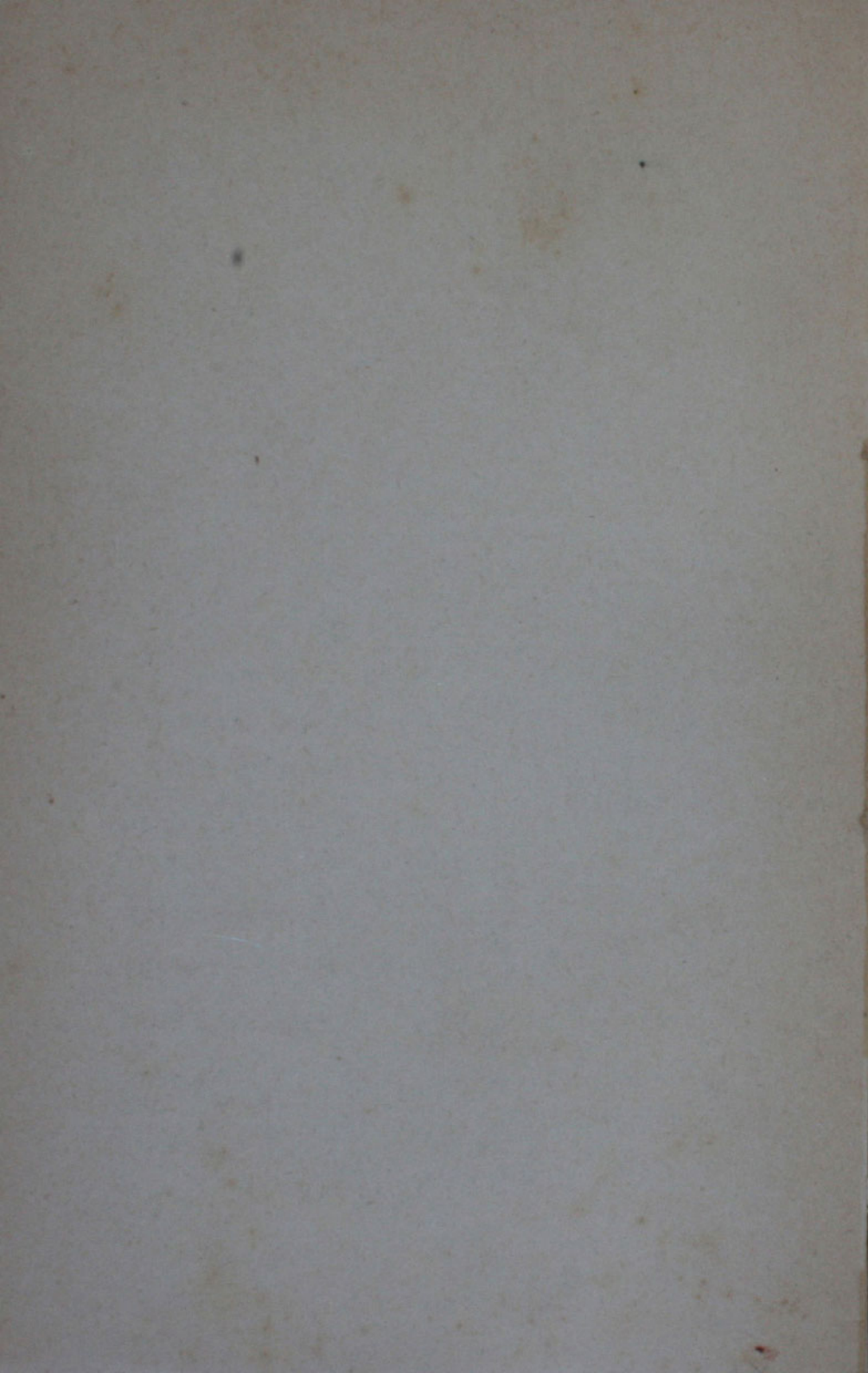
L'Océanographie.....	111
Conclusion.....	119
Bibliographie.....	124
Index alphabétique des matières contenues dans ce volume.....	129
Index des gravures.....	139

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

ERRATA

- P. 22, légende de la figure, 4^e ligne, *lire* : D continent *au lieu de* : C continent.
- P. 25, dernière ligne de la note, *lire* : scientifique, *au lieu de* : identifique.
- P. 34, 15^e ligne, *lire* : contour *au lieu de* : contours.
- P. 42, légende de la figure 18, *lire* : glissement *au lieu de* : gisement.
- P. 44, 3^e ligne, *lire* : chaleur, lumière, électricité ne sont que des formes, *au lieu de* : ne sont pas des formes.
- P. 58, légende de la figure 29, 3^e ligne, *lire* : ... profondeur, un..., *au lieu de* : ... profondeur. Un...
- P. 58, 18^e ligne, *lire* : précieuse *au lieu de* : précise.
- P. 65, note 1, dernière ligne, *lire* : émergé à, *au lieu de* : émergé de.
- P. 66, légende de la figure 33, *lire* : tronc de... *au lieu de* : banc de...
- P. 67, 33^e ligne, *lire* : 38 *au lieu de* : 48.
- P. 68, légende de la figure 37, *lire* : brachiopode très commun *au lieu de* : très connu.
- P. 71, 21^e ligne supprimer : (fig. 64).
- P. 72, *lire* : Précambrien *au lieu de* : 5 Précambrien. Lire aussi : Période de transition ressemble beaucoup à l'ère archéenne.
- P. 78, légende de la figure 47, *lire* : foraminifères *au lieu de* : flo-raminifères.
- P. 82, légende de la figure 59, *lire* : archéoptéryx *au lieu de* : archéptéryx.
- P. 86, 31^e ligne, *lire* : émergeaient *au lieu de* : immergeaient.
- P. 93, 2^e ligne, supprimer : (fig. 105).
- P. 103, légende de la figure 74, *lire* : grand et long animal.. *au lieu de* : grand et lourd animal...
- P. 108, 19^e ligne, supprimer : (fig. 77).
- P. 111, 14^e ligne, *lire* : ses ingénieuses *au lieu de* : les ingénieuses.





Librairie Schleicher Frères

Paris. — 61, rue des Saints-Pères, 61. — Paris.

AUGUSTE COMTE

Cours de Philosophie positive

Edition identique à la première

- TOME I. — Préliminaires généraux et philosophie mathématique. 1 vol. in-8 xiv-410 pages. 2 fr.
- TOME II. — Philosophie astronomique et philosophie physique. 1 vol. in-8 de viii-380 pages. 2 fr.
- TOME III. — Philosophie chimique et philosophie biologique. 1 vol. in-8 de viii-448 pages. 2 fr.
- TOME IV. — Partie dogmatique de la Philosophie sociale. 1 vol. in-8 de viii-390 pages. 2 fr.
- TOME V. — Partie historique de la philosophie sociale en tout ce qui concerne l'état théologique et l'état métaphysique. 1 vol. in-8 de iv-410 pages. 2 fr.
- TOME VI. — Complément de la partie historique de la philosophie sociale et conclusions générales. Avec une gravure en taille-douce par Maurice Froment, représentant le monument érigé à Paris au célèbre philosophe. 1 vol. in-8 de xxxii-560 pages. 2 fr.

« M. Comte fut illuminé des rayons du génie. Celui qui, à l'issue de la « mêlée confuse du dix-huitième siècle, aperçut au commencement du « dix-neuvième, le point fictif ou subjectif qui est inhérent à toute théolo- « gie et à toute métaphysique ; celui qui forma le projet et vit la possibi- « lité d'éliminer ce point dont le désaccord avec les spéculations réelles est « la grande difficulté du temps présent ; celui qui reconnut que, pour parve- « nir à cette élimination, il fallait d'abord trouver la loi dynamique de « l'histoire et la trouva ; celui qui, devenu par cette immense découverte, « maître de tout le domaine du savoir humain, pensa que la sûre et « féconde méthode des sciences particulières pouvait se généraliser et la « généralisa ; enfin celui qui, du même coup, comprenant l'indissoluble « liaison, avec l'ordre social, d'une philosophie qui embrassait tout, entrevit « le premier les bases du gouvernement rationnel de l'humanité ; celui-là, « dis-je, mérite une place, et une grande place, à côté des plus illustres « coopérateurs de cette vaste évolution qui entraîna le passé et entraînera « l'avenir ».

E. LITTRÉ.
Membre de l'Institut.