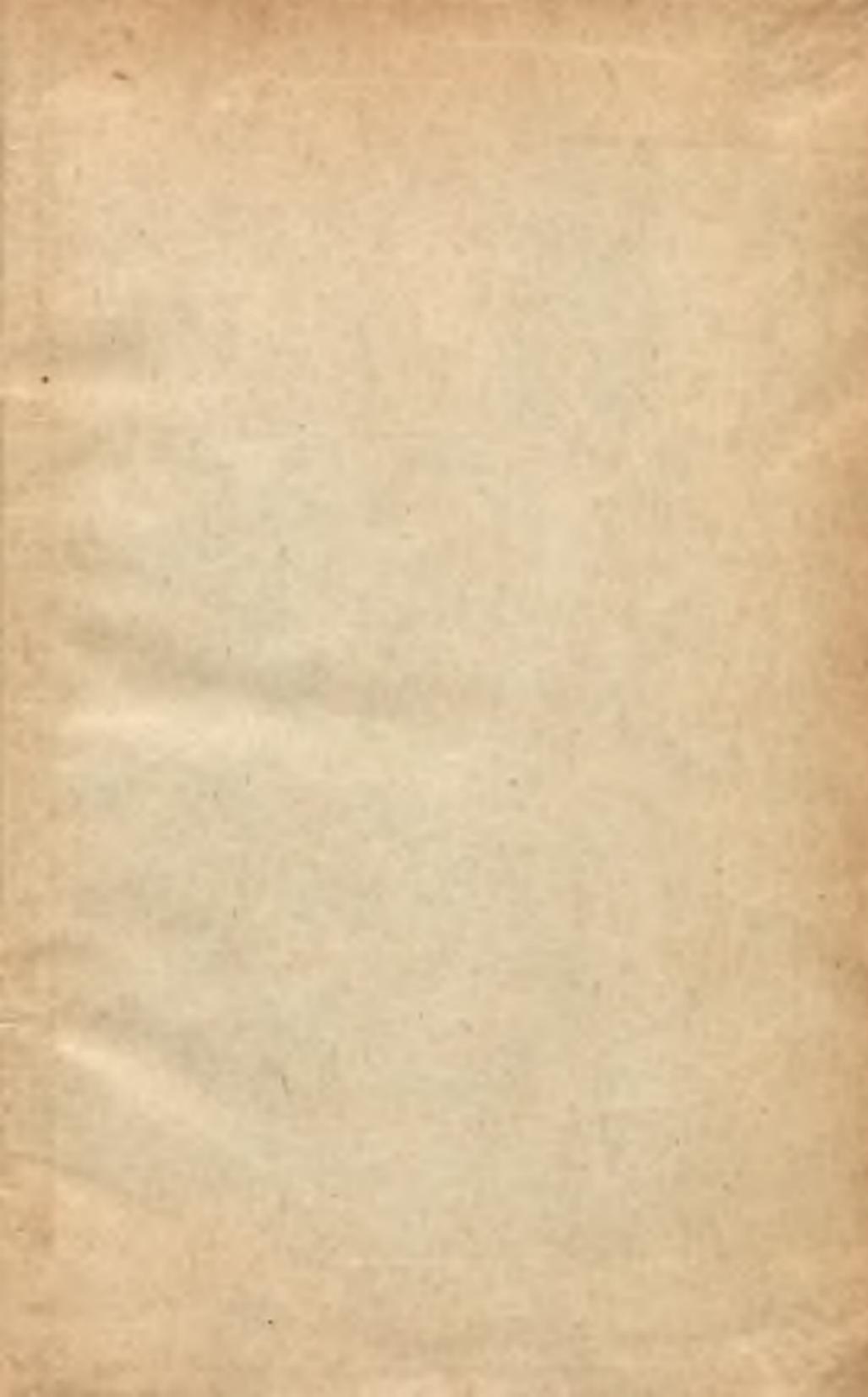


Biblioteka im. Hieronima  
Łopacińskiego w Lublinie

18130

1000072400







18130

B. P. in. L.

FRAY

E

ERRE

EXTRAIT DU LIVRE LE PASSÉ, LE PRÉSENT À L'AVENIR  
DE NOTRE PLANÈTE



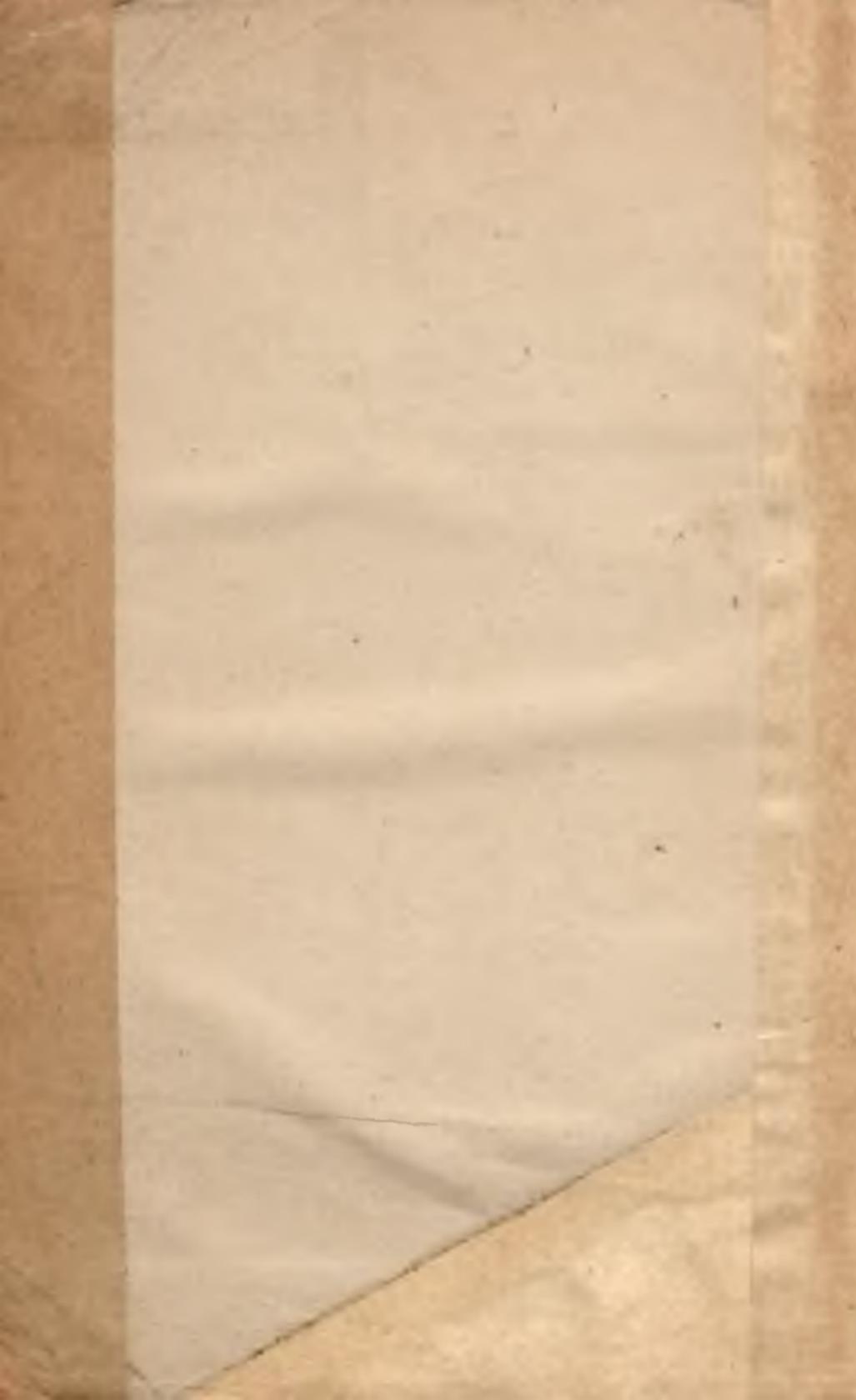
Illustration contenant 25 figures

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C<sup>ie</sup>

79, BOULEVARD VAULT-GERMAIN, 79

1880



18130

HISTOIRE  
DE LA TERRE

583



COULOMMIERS. — TYPOG. PAUL BRODARD.



144705  
2307942

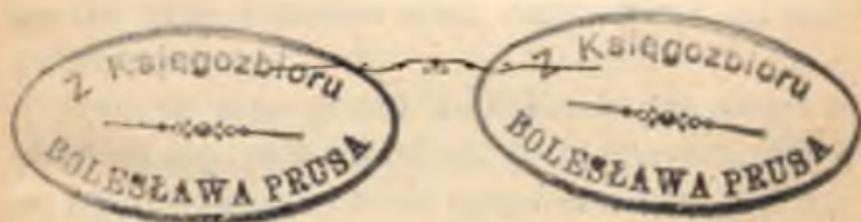
DOCTEUR SAFFRAY

---

HISTOIRE  
DE LA TERRE

ENTRETIENS SUR LE PASSÉ, LE PRÉSENT ET L'AVENIR  
DE NOTRE PLANÈTE

Ouvrage contenant 75 figures



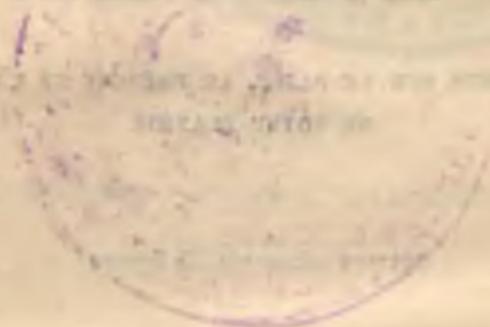
PARIS  
LIBRAIRIE HACHETTE ET C<sup>ie</sup>  
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

—  
1880



52:55:91

DE LA TERRE



PARIS

ÉDITIONS HACHETTE

10, rue de la Harpe, Paris

1952

## INTRODUCTION

---

Nulle science humaine ne pénétrera jamais le secret de la création : l'Auteur de toutes choses le garde pour lui seul. Mais, si les causes premières nous échappent, nous pouvons, sans témérité, employer notre intelligence à en suivre les manifestations.

Notre terre est bien peu de chose, comparée à l'univers ; cependant, malgré sa petitesse relative, elle est immense pour nous qui nous agissons à sa surface, nous dont les plus audacieux et les plus fortunés n'en connaissent qu'une petite portion.

Pour le plus grand nombre, la vie s'écoule dans un espace si limité qu'ils ne peuvent guère se figurer l'ensemble de notre domaine. La nature, toutefois, les charme, les attire. La prairie, la forêt, le ruisseau, le nuage, la montagne, la mer éveillent mille questions dans l'esprit le moins chercheur. De tout ce qui nous plaît et nous émeut, nous voulons savoir le pourquoi. Lorsque rien ne lui répond, l'esprit se perd dans la rêverie contemplative.

Si nous passions sur la terre en simples spectateurs, si nous ne cherchions dans la grande nature que les impressions du poète, il serait inutile, peut-être, de scruter les causes de nos émotions ou de nos plaisirs : l'oiseau chante l'aurore sans demander qui la ramène.

Mais la vie est faite de travail et de combat. Pour l'homme faible et nu, la nature est un champ de lutte où les éléments sont ses ennemis. Toutes les forces qui l'entourent semblent conjurées pour sa perte. Contre elles il n'a qu'une arme : la pensée. Et cela lui suffit. Il a compris le vent, l'eau, le feu, la terre, et aussitôt il a combiné les moyens de leur résister ou de les asservir : c'est la victoire du travail. Continuer, compléter, simplifier la lutte contre les éléments, employer pour son service ou son plaisir les forces de la nature, c'est ce que l'on appelle progrès, dans l'ordre matériel. Ce progrès, fondé sur l'étude de la terre, est indispensable, dans certaines limites, à notre développement intellectuel et moral. Nous y sommes tous intéressés, car tous nous en sommes les ouvriers ou les victimes. Aussi, pour accomplir notre tâche avec intelligence, avec plaisir, nous avons besoin de connaître la terre. Nous offrons ces pages à ceux qui voudront l'étudier avec nous.

En écrivant cette petite *Histoire de la terre*, nous avons eu pour objet de grouper et d'exposer les vérités scientifiques de manière à les rendre accessibles à tous. Ce n'est point un traité de cosmographie, de géologie, de géographie physique, de météorologie; mais à toutes ces sciences nous avons demandé leurs grandes lois et leurs plus récentes découvertes, pour répondre à ces questions : D'où vient notre planète? où va-t-elle? Quelle fut l'aurore de la vie? Quel rôle jouent les éléments dans l'universelle harmonie des choses?

Nous traverserons, à vol d'oiseau, les continents; nous visiterons les montagnes, les vallées et les plaines; nous planerons d'un pôle à l'autre sur les mers; nous descendrons à terre, en quelques lieux choisis pour jouir du spectacle des divers climats; nous pénétrerons jusque dans les grottes et les abîmes souterrains.

Dans ces simples causeries, nous nous sommes attaché à éveiller, par des faits saisissants, des idées générales qui permettent d'embrasser l'ensemble des questions et préparent à l'étude plus complète des détails. Par l'examen de ce qui se passe, de nos jours, sur la terre, nous faisons comprendre ce qui s'est passé à des époques lointaines. A la supposition de cataclysmes inexplicables nous substituons des actions lentes

mais prolongées, qui dépendent des lois primordiales de la création.

C'est la terre elle-même qui nous racontera l'histoire de son passé. Nous étudierons son présent au point de vue le plus intéressant pour l'humanité. Nous montrerons l'action de l'homme sur la nature, ses travaux, ses fautes, ses conquêtes. Du passé et du présent de notre planète, nous déduirons ce qu'il est permis de prévoir pour son avenir.

Pour la plupart des descriptions nos souvenirs ont suffi, car dans nos excursions lointaines nous avons eu la bonne fortune d'étudier la terre à livre ouvert. C'est au retour de ces voyages que nous avons surtout compris et aimé ce coin de terre privilégié qui s'appelle la France ; je souhaite que ce petit livre fasse comprendre la terre, cette grande patrie de l'humanité. Car la comprendre, c'est l'aimer, c'est accepter avec joie la tâche qui nous donne une part dans son histoire, c'est devenir les collaborateurs intelligents de Celui qui nous y plaça pour l'accomplissement de nos destinées.

Paris, septembre 1880.

# HISTOIRE

# DE LA TERRE

---

## I

### Les forces et la matière.

Voici diverses substances : du verre, de la glace, du fer, du mercure, du diamant. Ces corps produisent diverses impressions sur mes sens : je les vois, je les touche, je les soupèse, je les frappe l'un contre l'autre, je ne suis point le jouet d'une illusion, ce sont des substances matérielles. L'idée de *matière* me paraît donc d'abord très simple. De tout ce qui influencera mes sens je dirai : C'est de la matière. Je devine, au souffle du vent, que l'air est aussi une matière très ténue, très subtile ; puis, réussissant à le comprimer, à le peser, je reconnais que la matière prend des formes sous lesquelles nos sens ne la reconnaissent qu'au moyen de certains artifices.

Je chauffe la glace, elle fond ; le corps solide, résistant, est devenu liquide ; je chauffe ce liquide, il s'évapore ; je conclus de ces simples expériences que la même matière peut exister sous des aspects très différents. Je suppose même qu'une substance capable de modifications si tranchées doit être formée de

particules très petites qui, s'éloignant ou se rapprochant, lui donnent une apparence et des propriétés diverses.)

(Je laisse tomber cette bille de verre sur une glace épaisse : la bille rebondit.) Le verre est donc élastique ; la bille a rebondi parce qu'il s'est déformé sous le choc, et a repris instantanément sa forme première. Il y a eu compression, diminution de volume aux points de contact ; par conséquent, les particules du verre n'étaient pas aussi rapprochées qu'elles peuvent l'être : j'en conclus que ces particules ne se touchent pas.)

Si je puis comprimer du fer, du mercure, du diamant, tous les corps sur lesquels j'expérimente, je croirai que toute matière est une agrégation de particules non pas soudées ou accolées, mais simplement rapprochées.)

Voilà par quels raisonnements très simples nous pouvons nous faire une première idée de la composition de la matière. Partant de ces données élémentaires, les savants de notre siècle ont entrepris une longue série d'expériences et de calculs pour aller plus loin dans la connaissance intime des corps. Sans prétendre à la vérité absolue, ils sont arrivés à formuler des suppositions qui satisfont pleinement l'esprit et qui permettent d'expliquer les principaux phénomènes de la nature.

Toute matière, gaz, vapeur, liquide, pierre, métal, est formée de petites masses de substance, de *molécules* si vous voulez, qui ne sont pas en contact.

Chaque molécule est composée, à son tour, de masses plus petites ou *atomes* qui ne se touchent point. Enfin chaque atome se subdivise en un certain nombre de *particules* également séparées.

Si nous comparons l'invisible vapeur d'eau, plus légère que l'air, au solide morceau de glace, nous comprenons facilement qu'un groupement différent des molécules ou des atomes peut suffire pour changer totalement l'apparence d'un corps. Diverses expériences nous montrent que le diamant ne diffère du charbon pur que par l'arrangement des parties ; pour le chimiste, c'est du charbon. Eh bien (supposons que les atomes des différents corps soient formés de particules identiques mais différemment groupées,) cette simple différence de groupement ne pourra-t-elle pas produire dans l'apparence et les propriétés des atomes des différences énormes, comparables à celles de la vapeur d'eau et de la glace ; du charbon et du diamant ? Une même substance formerait donc des atomes dissemblables, dont la réunion en molécules constituerait les *corps* tels qu'ils nous apparaissent, mais au fond il n'y aurait qu'une matière, susceptible des formes et des apparences les plus diverses.)

Dans les profondeurs les plus reculées du ciel, accessibles seulement aux instruments les plus puissants, il existe des amas de substance lumineuse extrêmement subtile que l'on aperçoit comme des nuées transparentes. Les astronomes leur ont donné le nom de *nébuleuses*. Peut-être sont-elles formées par la matière dans son état primitif, avant la formation de particules et d'atomes.)

A mesure que nous avancerons dans l'étude de la terre, nous découvrirons que les plus grands résultats sont obtenus par des moyens peu compliqués, que (tout est soumis à des lois constantes, que les phénomènes les plus divers résultent de simples transformations.) L'unité de la matière ne sera peut-être

jamais prouvée, cependant l'esprit se complait à cette idée, parce qu'elle est en harmonie avec ce que nous avons pu pénétrer des grandes lois qui régissent l'univers.

Mais, dans ce que nous venons d'admettre, un point reste inexpliqué. Nous disons que les particules des atomes, les atomes des molécules se groupent sans se toucher. Cela paraît incompréhensible : essayons une explication.

Suspendez par un fil de soie une petite balle en

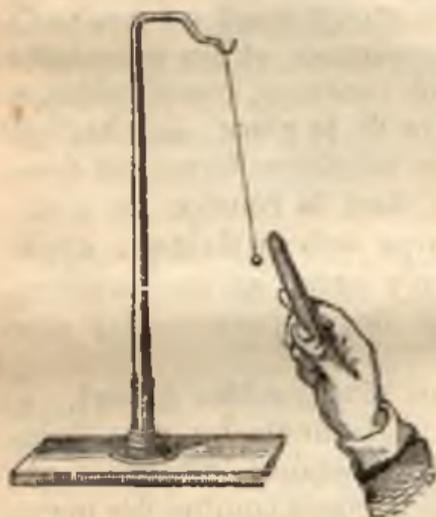


Fig. 1. — Attraction électrique.

moelle de sureau. Frottez avec un morceau de laine bien sec un bâton de cire à cacheter, puis approchez-le de la balle; elle s'avance vers la cire qui l'attire. Frottez de nouveau la cire, touchez rapidement la balle, puis approchez lentement ce bâtonnet, qui l'attirait tout à l'heure : la balle recule, elle fuit la cire qui la repousse.

Voulez-vous varier l'ex-

périence? A la place de la balle de sureau, suspendez un petit barreau aimanté. De l'extrémité qui se tourne vers le nord, approchez un autre aimant : le barreau suspendu est repoussé ou attiré selon que vous lui présentez l'une ou l'autre extrémité.

Voici donc un fait bien constaté : la matière, dans certaines conditions, s'attire et se repousse. En quoi consiste cette propriété? Dans ces deux expériences,



Fig. 2. — Aurore boréale.

qu'avons-nous ajouté ou retranché aux substances employées? Rien. Cependant nous avons déterminé un changement dans leur manière d'être; ce changement s'est manifesté par un mouvement. Pour produire un mouvement, il faut une *force*; nous sommes donc autorisés à dire qu'il y a dans la matière une *force attractive* et une *force répulsive*. Si nous découvrons d'autres propriétés du même genre, nous leur donnerons des noms appropriés, et nous dirons : la *force lumineuse*, la *force calorifique*, pour exprimer les propriétés de la matière d'émettre de la chaleur et de la lumière.

Essayons maintenant d'expliquer la structure intime de la matière par l'action des forces attractive et répulsive. Supposons que toutes les particules, tous les atomes s'attirent et que rien d'ailleurs ne s'oppose à leur contact. Ils ne laisseront entre eux aucun espace libre. Mais si chacun d'eux possède à la fois la force d'attraction et de répulsion à égal degré, ils se rapprocheront, tendront l'un vers l'autre, sans arriver cependant à se toucher, car à un certain point la répulsion agissant en sens contraire de l'attraction, la particule, l'atome demeureront en équilibre, soutenus à distance par ces forces qui se neutralisent.

Chaque molécule, cependant, ne restera pas immobile. Avant de subir la répulsion de la molécule voisine, elle s'est avancée à sa rencontre; sa vitesse acquise a vaincu un instant la force qui la chasse dans la sphère d'action d'une autre molécule, où elle s'avancera aussi un peu trop. De là un *mouvement vibratoire* continu dans ces corps que nous appelons *inertes*, parce que leurs mouvements intimes échappent aux regards et ne se manifestent que par les forces qui en sont le résultat.

Tout à l'heure, en frottant un bâton de cire, nous avons développé au moins deux forces : de la chaleur et de l'électricité. Toute action mécanique produit ce résultat. Nous avons vu la force électrique en très petite quantité se manifester par l'attraction et la répulsion. La même force, plus abondante, se dévoile en outre sous forme de lumière. Ce sont là des expériences que l'on répète dans les cabinets de physique. De plus, on a constaté que tout changement de température, toute action chimique, développait la force électrique.

Figurez-vous la terre dans l'espace, tournant sur elle-même et décrivant une ellipse autour du soleil, soumise à des frottements, à des changements continuels de température, à des actions chimiques; elle doit se comporter comme toute matière et produire de



Fig. 3. — Lumière électrique dans l'air raréfié.

tout à un moment donné, et la pierre, au lieu de continuer à tourner, s'élancera en ligne droite à partir du point où elle est devenue libre. Appliquons ceci à la terre et au soleil. La terre tourne autour du gros astre, comme la pierre d'une fronde autour de la main.



Fig. 5. — La fronde démontre la force centrifuge. ABD, cercle que parcourt la pierre; C, centre du cercle; A, point où elle est abandonnée; AF, direction qu'elle prend en s'échappant.

Ce mouvement lui communique une force nouvelle, force qui la sollicite à s'éloigner du centre et à fuir en ligne droite : on l'appelle *force centrifuge*. Mais la pierre retenue par une force, la corde, ne pouvait s'échapper par la *tangente*; il lui fallait poursuivre sa

course circulaire : de même une force, l'attraction solaire, retient la terre et l'oblige à poursuivre sa route.

Même réduits à leur expression la plus simple, ces préliminaires sont peut-être un peu abstraits. Mais nous ne pouvions entrer en matière sans donner une idée exacte, quoiqu'incomplète, de ce que l'on appelle *matière*, et des *forces* qui sont en quelque sorte ses manifestations. Des faits que nous avons seulement effleurés, tirons cette conclusion : rien n'est inerte dans le monde ; il est imprégné d'une énergie universelle qui se transforme sans s'épuiser jamais, qui est sa vie, qui se manifeste par des forces diverses, comme l'âme se révèle par les combinaisons de la pensée. L'homme a découvert, analysé les forces de la matière ; il croit qu'elles émanent d'un seul principe inhérent à l'unique substance ; que les variétés de formes, d'aspects et d'effets ne sont que des transformations de la substance et de la force première. Il n'ira pas plus loin : Dieu seul sait le reste.

## II

### Notre planète dans l'univers.

Par une nuit sereine et sans lune, contemplez la voûte céleste. Sur le fond bleu obscur se détachent, semblables à des pierreries, les étoiles étincelantes. Dans une plaine, vous en pourrez compter près de trois mille. Un nombre bien plus grand se dérobe à vos yeux au-dessous de l'horizon. Chacune d'elles est

un soleil comme celui qui éclaire nos jours. Chaque soleil est le centre d'un système comme le nôtre. Le grand Semeur de mondes en a rempli l'espace à perte de vue.

Mais, par delà l'espace accessible à nos regards, qu'y a-t-il? Regardez, non plus avec vos yeux seulement, mais avec cet œil matériel que l'on nomme un télescope. Maintenant vous n'aurez plus de nombres pour exprimer ce que vous voyez. Compterez-vous ces soleils qui pullulent comme les grains de sable sur une plage? D'autres l'ont essayé. Il y en a plus de 20 000 000 dont on distingue les feux!

Regardez cette petite tache blanchâtre : c'est une nébuleuse, non pas en voie de formation, comme celle dont nous avons parlé, mais déjà constituée. Ce n'est point un astre, c'est une fourmilière de mondes : il y a là 20 000 soleils.

Portez vos regards sur cette vaste écharpe lumineuse qui traverse le firmament et que l'on appelle la *Voie lactée*. C'est une immense nébuleuse dont chaque parcelle renferme aussi des milliers de soleils.)

Voulez-vous avoir une idée des dimensions de ces astres dont le nombre vous étonne, vous effraye? Le soleil a 345 000 lieues de diamètre, ce qui fait plus de 1 000 000 de lieues de tour; il faudrait 1 200 000 terres comme la nôtre pour faire un globe gros comme le soleil.) Cependant ce n'est qu'une petite étoile. Le diamètre de Sirius, une des étoiles les plus brillantes du ciel, une des moins éloignées de nous, est douze fois plus grand que celui du soleil.

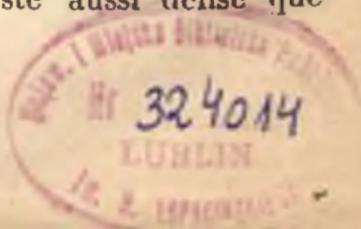
Essayons maintenant de comprendre la distance qui nous sépare des astres. Supposons qu'à une distance de 77 000 lieues on allume subitement un

phare d'un éclat comparable à celui de Sirius. Nous verrons sa lumière juste une seconde après son apparition. Par conséquent, la lumière traverse l'espace avec une vitesse de 77 000 lieues par seconde. Eh bien, pour arriver jusqu'à nous, (la lumière du soleil a besoin de 8 minutes et 18 secondes.) Si le bruit d'une explosion solaire pouvait franchir la distance de 38 000 000 de lieues, nous ne l'entendrions qu'au bout de 14 ans et 2 mois. Un train express parti de la terre, avec une vitesse de 15 lieues à l'heure, n'arriverait au soleil qu'après 289 ans.

Cependant le soleil, centre du petit système auquel appartient la terre, est tout près de nous ; nous le touchons presque du doigt, en comparaison de la distance des étoiles. La lumière de Sirius nous arrive au bout de 22 ans ; celle de la voie lactée, après 2000 ans ; celle des nébuleuses chemine dans l'espace au moins 2 000 000 d'années pour franchir la distance qui nous en sépare. Est-ce là le terme ? Pouvons-nous faire halte et tâcher de comprendre ce que représentent ces chiffres fantastiques ? Non. Envolez-vous sur un rayon de lumière perçant en ligne droite l'espace avec sa rapidité vertigineuse, et après des milliards d'années ou de siècles, vous ne serez pas plus près du terme qu'au premier jour.

Reposons-nous un peu de ces contemplations émouvantes, qui confondent notre raison, et, comme délassément, faisons une simple expérience.

Voici un flacon d'huile d'olives dans lequel j'ai mis à infuser un peu de racine d'orcanète pour la colorer en rouge. D'autre part, je verse dans un grand vase en verre de l'alcool et de la glycérine, de manière à obtenir un liquide juste aussi dense que



l'huile. Il faut qu'une petite quantité d'huile déposée dans le liquide, au moyen d'une pipette, ne tende ni à tomber ni à surnager, mais demeure exactement en place. Voici qui est fait : l'huile rouge reste immobile au sein du liquide. En vertu de l'attraction,

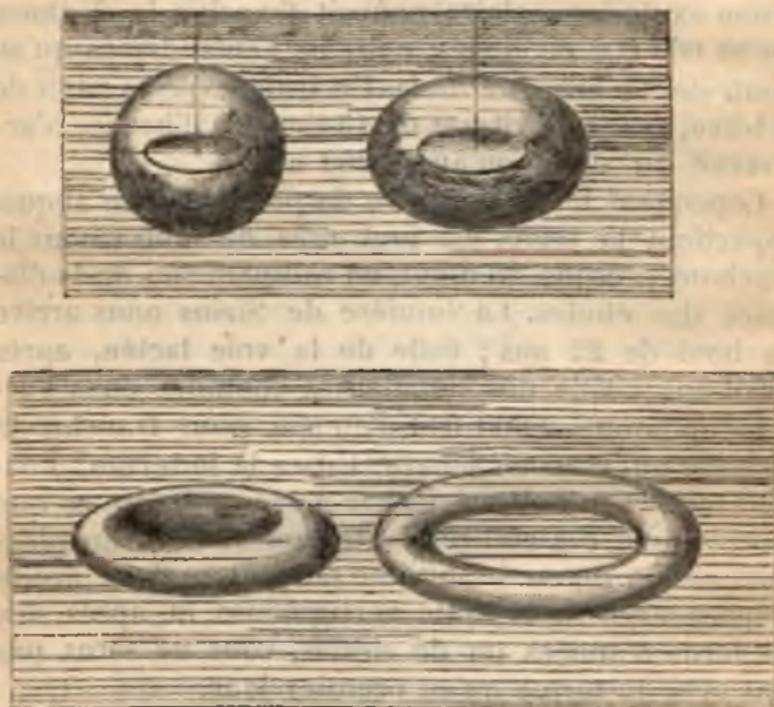


Fig. 6 et 7. — Formes d'une masse liquide en rotation.

elle a pris la forme sphérique, car chaque molécule est également attirée vers le centre. J'introduis dans la boule d'huile cette longue aiguille d'acier terminée par un disque, et je la fais tourner entre mes doigts. La petite sphère entre en mouvement, elle tourne. J'accélère le mouvement : la sphère s'aplatit

aux deux pôles et se renfle à l'équateur. Cette portion est animée d'une vitesse plus grande que les pôles, et la vitesse y développe une force que vous connaissez, la force centrifuge. Chaque particule d'huile située vers l'équateur du petit astre se trouve sollicitée par deux forces ; l'une tend à la rapprocher du centre, l'autre à l'éloigner. Je précipite la rotation : la sphère se renfle de plus en plus à l'équateur ; enfin un anneau se sépare, continue un instant de tourner autour de la masse dont il s'est détaché, puis se brise, se réunit en une petite sphère qui tourne sur elle-même et suit en même temps une route circulaire autour du noyau central. Si je retire l'aiguille et son disque avant cette dernière phase, je produis simplement un anneau qui continue de tourner.

Ce petit tour de physique amusante nous donne une idée assez exacte de la manière dont s'est formé notre monde, le système solaire. Voici, en effet, ce que l'on suppose de plus vraisemblable :

En un point de l'espace céleste se trouvait un amas globulaire de matière dans son état primitif, une immense nébuleuse. Cette matière se condensait graduellement en vertu de l'attraction de ses particules. De plus, elle tournait sur elle-même, sous l'impulsion d'autres amas de matière et d'astres déjà formés. La force centrifuge tendant à séparer la portion équatoriale de ce globe gazeux, il s'aplatissait en disque. A un moment donné, la vitesse ayant augmenté, par suite de la concentration de la matière, un anneau de substance se trouva détaché par l'action centrifuge : après avoir tourné quelque temps autour du noyau, il se rompit, se réunit en sphère selon la loi d'attraction ; cette sphère, tournant sur elle-même, se mit à tourner dans le même chemin que l'au-

neau d'où elle était issue. Le noyau central, c'était le soleil; la sphère détachée, c'était la terre. Bientôt la terre produisit à son tour un anneau qui devint une sphère et l'accompagna dans sa course autour du soleil : ainsi se forma notre lune. Les mêmes phénomènes se produisant à divers intervalles, le soleil, perdant toujours de sa substance, se trouva environné des planètes qui, avec leurs satellites, composent le monde solaire.

Saturne est l'une de ces planètes issues du soleil. Elle nous offre, encore aujourd'hui, l'apparence des



Fig. 8. — Saturne, ses anneaux et ses lunes.

changements que nous venons de décrire. Autour du noyau circulent des anneaux qui sont destinés sans doute à se rompre pour lui former des satellites, pareils à ceux qui tournent déjà autour de lui.

Huit grandes planètes, avec leurs lunes ou satellites, se sont ainsi détachées du soleil. Il y en a eu sans doute une neuvième qui s'est brisée en petits fragments que les meilleurs télescopes permettent à peine d'entrevoir. Ces pertes successives de substance furent peu de chose pour cette masse énorme. Une comparaison va vous en donner une idée. Dans un litre de blé de moyenne grosseur, on compte environ dix mille grains. Dans un décalitre, il y en a dix fois autant, soit cent mille, et dans treize décalitres encore treize fois plus. Supposez devant vous un tas de blé de treize décalitres. Retranchez-en huit grains, les uns petits, les autres gros ; espacez-les à quelque distance : vous aurez une représentation assez exacte

de la masse du soleil et des planètes. Notre terre est comme un des plus petits grains de blé.)

Quant à notre satellite, la lune, elle nous parait assez volumineuse parce qu'elle n'est pas très éloignée. Qu'est-ce, en effet, qu'une distance de 96 000 lieues, comparée à celles que nous avons calculées.



Fig. 9. — Dimensions comparées de la terre et de la lune.

En réalité, c'est une sphère bien plus petite que la terre.

Nous savons pourquoi la terre, attirée par le soleil, mais éloignée en même temps par la force centrifuge, tourne autour de lui dans une route invariable. Cette route, cette orbite de 235 000 lieues, la terre la parcourt en 365 jours, ce qui fait une vitesse d'environ 30 000 mètres par seconde, mille fois plus rapide que celle d'un train lancé à toute vapeur. En

même temps qu'elle accomplit cette course vertigineuse, elle tourne sur elle-même en 24 heures, et sa vitesse, à l'équateur, est de sept lieues par minute.

Ce point tournoyant de l'univers est bien peu de chose comparé aux immensités que nous avons entrevues. Mais c'est notre demeure, notre domaine, proportionné à notre petitesse. Qu'il nous parait vaste lorsque nous essayons de le parcourir, mystérieux quand nous interrogeons son passé, magnifique quand nous étudions ses harmonies, effrayant quand nous essayons de prévoir son avenir !

### III

#### **Naissance de notre planète.**

Lorsque la matière première de notre globe se détacha de la masse d'où sortit tout le système solaire, cette matière était à l'état de gaz beaucoup plus subtil que l'air de notre atmosphère. Les particules de ce gaz, obéissant à la loi de l'attraction universelle, se rapprochèrent graduellement ; la petite nébuleuse terrestre prit corps ; ce fut bientôt comme un nuage. Par un travail mystérieux, les particules douées d'aptitudes diverses se groupèrent pour constituer des atomes, des molécules distinctes, premiers rudiments des corps. Mais ces molécules étaient encore à l'état de vapeur.

Aussitôt que ce premier groupement fut effectué, que la matière eut reçu cette organisation rudimentaire, qu'il y eut en présence des substances diverses, une force nouvelle, l'*affinité*, vint modifier avec une

énergie extraordinaire le travail d'agrégation com-



Fig. 10. — Vue idéale de la période houillère.

mencé par l'attraction. Ce fut une véritable chimie

créatrice, mise en action sur tous les points à la fois. En vertu de l'affinité, les substances s'attiraient, s'unissaient pour former des matières plus compliquées. Celles-ci, douées d'affinités nouvelles, subissaient ou opéraient à leur tour d'autres combinaisons. C'est en appliquant cette force d'affinité que le chimiste, de nos jours, peut imiter les procédés de la nature et reproduire de l'air, de l'eau, des pierres.

Toute matière qui se condense s'échauffe. Comprimez une pierre, un métal, vous constaterez une élévation de température. Les gaz n'échappent pas à cette loi ; on le prouve, dans les cabinets de physique, par l'expérience du *briquet à air*. Un tube de verre épais, fermé à une extrémité, est muni d'un piston auquel on adapte un fragment d'amadou : si l'on pousse vivement le piston, de manière à comprimer brusquement l'air qu'il refoule dans le tube, la condensation rapide de cet air produit une chaleur suffisante pour enflammer l'amadou.

Il se développait donc de la chaleur à mesure que la masse de la terre se condensait. D'autres forces se manifestaient par d'imposants phénomènes : la lumière résultait du *mouvement* des molécules matérielles et des actions chimiques ; l'électricité inondait toute la matière, par suite des mêmes influences. Car pour produire de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, il suffit que les molécules d'un corps entrent en mouvement et *vibrent* selon des lois inhérentes à la constitution même de la matière. Attraction, affinité, chaleur, électricité, lumière, tels furent, dès le commencement, les agents qui collaborèrent à la formation, à l'organisation de la terre.

Ce premier travail fut un véritable chaos. L'oxygène s'empara d'une foule de substances : avec l'hy-



Fig. 11. — Paysage de la période secondaire.

*drogène*, il fit l'eau ; avec les métaux les plus oxydables, il forma la *chaux*, la *magnésie*, l'*alumine*, la *potasse*, la *soude*, puis, prenant du *silicium*, il en imprégna toutes ces *bases* pour constituer des roches ou des pierres précieuses. Continuant son œuvre de chimiste, il s'unit au *soufre*, à l'*azote*, au *chlore*, et de cette union naquirent les acides les plus corrosifs : sulfurique, azotique, chlorhydrique. Ceux-ci dévorèrent pour ainsi dire les matières terreuses et métalliques pour composer les *sulfates* de chaux et d'alumine, l'*azotate* de potasse ou salpêtre, le *chlorure* de sodium ou sel marin, plus une foule de combinaisons métalliques. Enfin, s'attaquant au *carbone*, l'oxygène produisit une immense quantité d'*acide carbonique*, dont une portion s'unit à la chaux, à la magnésie, tandis qu'une autre se dissolvait dans les eaux ou se répandait dans l'air, déjà formé par un simple mélange d'oxygène et d'azote.

Une chaleur intense résultait de toutes ces actions réunies. Les gaz s'enflammaient avec fracas ; des métaux fondus et volatilisés montaient en nuées incandescentes dans l'atmosphère ; des pierres s'amolliissaient en masses vitreuses surmontées de scories ; des pluies d'eau chaude, rendue corrosive par les acides, rejaillissaient en vapeurs qui formaient de nouvelles agrégations de substances.

Tels furent les commencements.

Nous savons reproduire, dans nos laboratoires, les combinaisons d'où sortirent les *corps composés* aujourd'hui connus ; nous pouvons donc reconstituer, en quelque sorte, les premières phases de l'organisation terrestre. Mais comment s'unirent les premiers éléments matériels pour former les *corps simples* : l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le carbone,

le chlore, le soufre, les métaux ? Comment se fit-il qu'après ces luttes d'éléments, ces réactions sans nombre, ces conflagrations gigantesques, le résultat final de ce prodigieux enfantement nous ait légué la terre refroidie, apaisée, sans autres résidus que l'eau et l'air dans les proportions les plus favorables à la vie des êtres supérieurs ? Mystère !

Nous venons d'esquisser à grands traits l'ensemble des phénomènes qui ont dû se produire pour que notre globe, d'abord fragment de nébuleuse, devienne la terre solide que nous habitons. Sa forme, vous le savez, est celle d'une sphère. Mais une sphère de matières molles, tournant sur elle-même, s'aplatit aux pôles, et la terre a subi cet aplatissement pendant sa période de solidification. Il en résulte que, pour un diamètre de 3 000 lieues à l'équateur, elle perd à chaque pôle 21 kilomètres.

Nous disons que la terre s'est solidifiée. Cela est certain pour la surface, et nous pouvons le constater jusqu'à une certaine profondeur ; mais (personne ne peut dire au juste quelle est l'épaisseur de l'écorce solide. Des gens également compétents l'évaluent à 40 et à 1500 kilomètres. Quelques-uns pensent qu'au-dessous de la croûte ferme que nous connaissons en partie se trouve une masse de matières en fusion. D'autres croient que toute la terre est solidifiée et que les feux souterrains dont les volcans nous révèlent l'existence proviennent de conflagrations limitées.

Les travaux auxquels on s'est livré dans tous les pays pour creuser des puits, ouvrir des tranchées, exploiter des mines et des carrières, ont fait reconnaître que l'écorce terrestre est formée de couches de matériaux très différents, qui reposent sur une

*Handwritten notes:*  
 Inco  
 mig  
 1719  
 pro  
 uci  
 8.6  
 mig

base de roches. L'étude des diverses *couches* ou *terrains* accessibles à l'homme constitue une science toute moderne : la *géologie*, ou science de la terre.

Les géologues sont parvenus à reconstituer avec une exactitude étonnante toutes les phases de la solidification superficielle. Prenant pour point de départ la roche vive, qui forme pour ainsi dire l'ossature, la charpente de la terre, ils ont donné un nom à chaque couche de matériaux dans leur ordre de superposition. Puis ils ont groupé un certain nombre de ces *terrains* suivant leur date de formation, c'est-à-dire suivant un petit nombre d'*époques* ou de *périodes* dans lesquelles on peut subdiviser la série de siècles qui s'écoulèrent entre l'agrégation des roches *primitives* et la création de l'homme. On adopte généralement cinq grandes divisions : périodes *primitive*, de *transition*, *secondaire*, *tertiaire*, période d'*alluvion* ou quaternaire.

Au-dessus d'un noyau de matières inconnues s'étend une couche compacte de terrain primitif. Là se trouvent le *granit*, mélange pâteux de *feldspath*, de *quartz* et de *mica* ; le *gneiss*, sorte de granit où l'on distingue une apparence feuilletée ; les *schistes*, ou roches feuilletées, rendues comme savonneuses par le *talc*, ou pailletées par le *mica*.

A la période de transition correspondent les terrains où se formèrent les premiers dépôts de roches calcaires, d'ardoises, de grès, puis les agglomérations de végétaux décomposés qui constituent le terrain *carbonifère*, c'est-à-dire riche en charbon fossile, houille ou anthracite.)

Durant la longue période secondaire, on constate la formation de nouvelles couches de grès et d'argiles, puis de calcaires grenus (*oolithes*), de sables

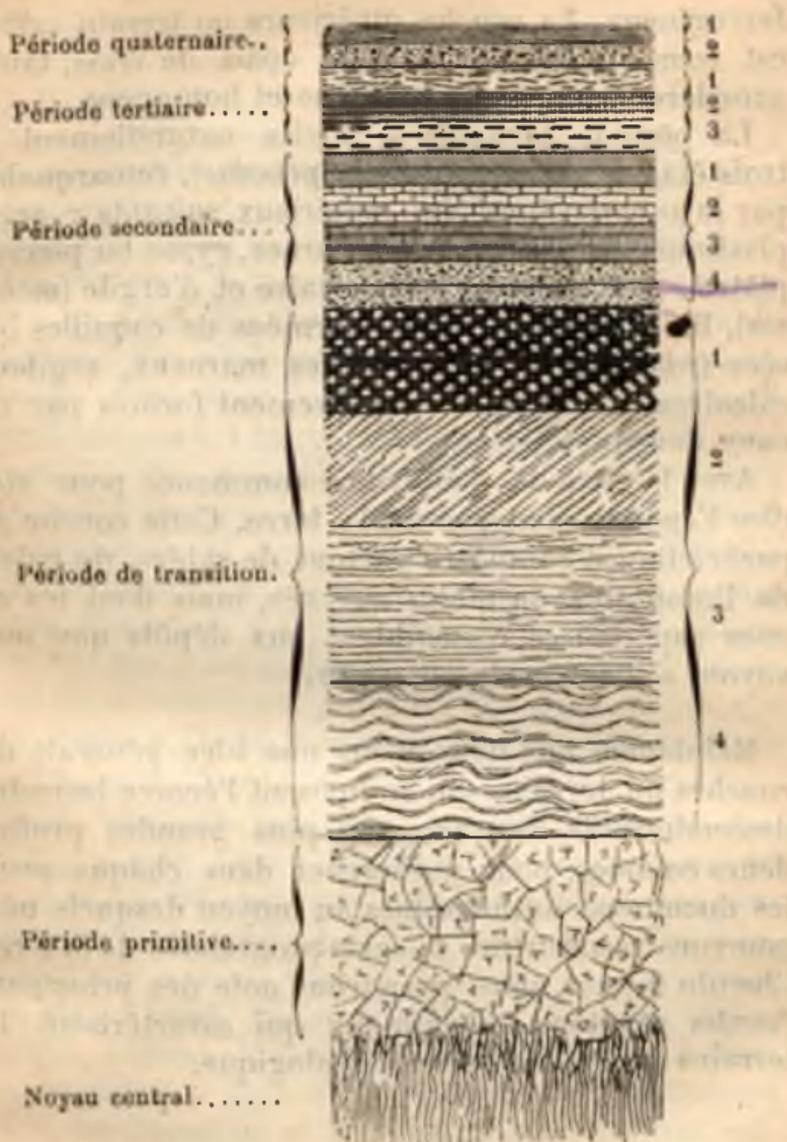


Fig. 12. — Coupe géologique de l'écorce terrestre. — *Période quaternaire*. Terrain d'alluvions : 1 et 2, alluvions modernes et anciennes. — *Période tertiaire*. Terrain supercrétacé : 1, formation pliocène ; 2, formation miocène ; 3, formation éocène. — *Période secondaire*. Terrain crétacé (1), jurassique (2), triasique (3), permien (4). — *Période de transition*. Terrain carbonifère (1), dévonien (2), silurien (3), cambrien (4). — *Période primitive*. Roches. — *Noyau central*. Matières inconnues.

ferrugineux. La couche supérieure ou terrain *crétacé* est remarquable par ses lits épais de *craie*, tantôt grossière et impure, tantôt fine et homogène.

La période tertiaire se divise naturellement en trois étages (*éocène*, *miocène*, *pliocène*), remarquables par la superposition des matériaux suivants : argile plastique, calcaire grossier, marnes, gypse ou pierre à plâtre, grès mélangés de calcaire et d'argile (*molasses*), lits de roches tendres formées de coquilles brisées (*faluns*), dépôts de sables marneux, argileux, calcaires, coquillers, alternativement formés par des eaux douces et salées.

Avec la période d'alluvions commence pour ainsi dire l'époque moderne de la terre. Cette couche superficielle est composée partout de sables, de galets, de limon plus ou moins agrégés, mais dont les assises supérieures ressemblent aux dépôts que nous voyons s'effectuer de nos jours.

Maintenant que nous avons une idée générale des couches ou terrains qui composent l'écorce terrestre, descendons de nouveau aux plus grandes profondeurs connues, pour y chercher dans chaque assise les documents authentiques au moyen desquels nous pourrions reconstruire la carte progressive de la terre. Chemin faisant, nous prendrons note des principaux *fossiles* végétaux et animaux qui caractérisent les terrains de chaque période géologique.

## IV

**Les archives de la terre.**

Le granit forme la base des terrains primitifs, On croyait encore il y a une quinzaine d'années que ces roches avaient été fondues. Cependant il semble prouvé qu'elles n'ont jamais été soumises à une température supérieure à 500° centigrades. Encore cet échauffement a-t-il été produit en grande partie par la pression qui a réduit en pâte les éléments dont cette roche se compose. Quoi qu'il en soit, sur cette surface chaude et dure, constamment lavée par des eaux corrosives, la vie ne pouvait éclore. Les premières ébauches d'organisation sont rares même dans les dernières couches de la période primitive ; on ne les a reconnues jusqu'ici que dans les *schistes* de la Bohême, de la Russie, de la Scandinavie et de l'Amérique du Nord.

En ces temps-là, quelques îles émergeaient au-dessus d'une mer d'eaux impures. Au commencement de la période de transition, l'espace nommé plus tard la France était presque entièrement submergé ; cependant on pouvait voir les points où se trouvent Saint-Malo, Brest, Quimper, Vannes, Nantes, Autun, Limoges, Clermont, Tulle, Le Puy, Rodez, Port-Vendres. Bientôt les îlots de la Bretagne se trouvèrent réunis, les Cévennes et les Pyrénées dessinèrent nettement leur relief.

Sur ces terres ébauchées croissaient des végétaux rudimentaires, tandis que des Algues s'essayaient à vivre dans la mer. Des animaux d'ordres inférieurs,

*Annelés, Mollusques et Zoophytes*, furent les seuls habitants de la terre à peine sortie du chaos.)

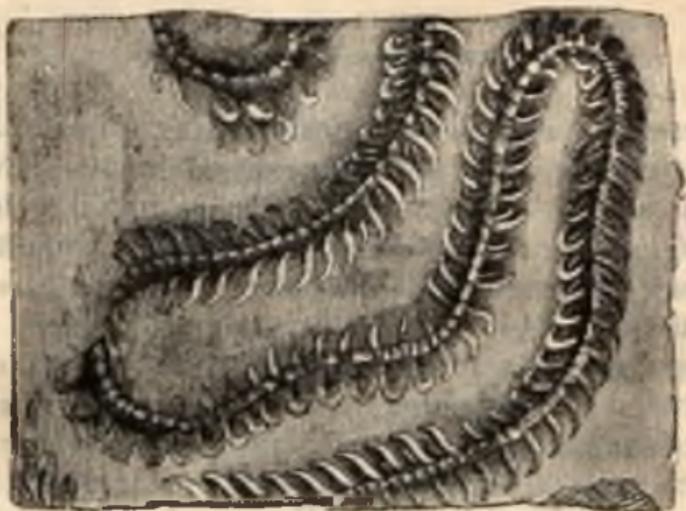


Fig. 13 — Annelé fossile (*néréite* : terrain silurien).

Plus tard se montrent les premiers poissons, mais bien différents de ceux que nous connaissons aujour-

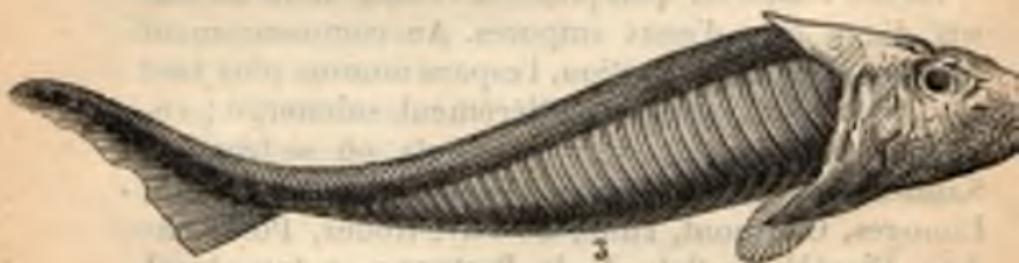


Fig. 14. — Poisson fossile (terrain dévonien).

d'hui. Leur corps était recouvert d'une épaisse cuirasse qui ne disparaît que graduellement, à mesure que la création multiplie et perfectionne les êtres.

Des reptiles commencent à peupler les terres fangeuses, et quelques insectes s'aventurent dans les tourbières et les forêts naissantes.)

Cette première série de plantes et d'animaux, antérieure aux formations carbonifères, représente les préludes de la vie terrestre. Pour arriver à ce point, il



Fig. 15. — Libellule fossile (terrain carbonifère).

lui fallut des milliers de siècles durant lesquels de nouvelles espèces se développaient continuellement avec des organes et des fonctions appropriés aux circonstances.

Pendant la dernière partie de la période de transition, la vie semble prendre un rapide essor. Les côtes

et les bas-fonds se couvrent de Polypiers et de Madrépores; des coquilles nombreuses s'attachent aux rochers; l'Huitre se rencontre pour la première fois. Les poissons atteignent des proportions inusitées; des Esturgeons et des Requins trouvent dans les eaux douces ou salées de quoi satisfaire leur voracité; quelques amphibiens préparent la venue des grands reptiles de l'âge suivant.



Fig. 16. — Polypier fossile.

(Les végétaux prédominaient alors.) Toute la terre jouissait d'un climat à peu près égal. Celui de l'Europe centrale n'était point *torride*, comme on le dit généralement, mais *subtropical*, c'est-à-dire un peu plus chaud que le climat

actuel de la Méditerranée.

L'atmosphère offrait à peu près la même composition qu'aujourd'hui, sauf un excès d'acide carbonique. Mais, sous l'influence du climat, la végétation s'empara de cet excédant, et l'accumulation séculaire de plantes amoncelées produisit dans de vastes tourbières les dépôts de charbon fossile que nous exploitons sous les



Fig. 17. — Huitre fossile (terrain permien).

noms d'anthracite et de houille.)

Des *Prêles* et des *Lycopodes* de haute taille, des *Fougères arborescentes*, des *Calamites*, des *Cycadées* et quelques *Conifères*, et des Palmiers, tels étaient les végétaux dont nous retrouvons ou les restes ou les empreintes dans le terrain carbonifère de tous les pays.

(La période secondaire offre des richesses sans nombre aux collectionneurs de fossiles. Les mers de cette époque se peuplèrent d'*astéries* ou étoiles de mer; de grandes coquilles, parmi lesquelles on remarque les premières *ammonites*, enroulées comme des cornes de bélier, ornées de reliefs et de dessins caractéristiques. La vie animale prend une extension remarquable, mais surtout dans les eaux, car les terres émergées n'étaient pas encore propres à la vie des *graminées*, principale nourriture des animaux herbivores. Dans les



Fig. 18. — Ammonite fossile  
(*Cératite* : terrain triasique).



Fig. 19. — Astérie fossile  
(terrain triasique).

marécages habitaient des reptiles amphibies, des Tor-



Fig. 20. — Premier oiseau fossile (*Archæopteryx* : terrain jurassique).

tues, des Crocodiles; dans la mer flottaient les *Calmars* et les *Poulpes*, qui servaient de nourriture à d'innom-

brables légions de poissons. Ceux-ci, à leur tour, devenaient la proie de grands reptiles qui tenaient à la fois du lézard, du crocodile, des poissons et des mammifères : c'étaient l'*Ichtyosaure*, sorte de lézard marin long de dix mètres; le *Plésiosaure*, qui paraît plus étrange encore, à cause de la longueur extraordinaire du cou, qui lui permettait d'explorer au loin l'horizon pour y chercher des victimes. Un peu plus tard, le *Mégalosau*re, long de 20 mètres, vint prendre sa part de la grande curée.

Les oiseaux n'ont pas encore paru, mais la nature fait le premier essai d'aile membraneuse en faveur d'une sorte de lézard. Un peu plus tard, on trouve les premiers restes de véritables oiseaux : ce sont des *échassiers* et des *palmipèdes*, seules espèces qui pussent trouver alors une nourriture convenable.

Une prairie s'est formée sur du sable argileux mêlé de craie, dépôt lentement accumulé dans un lac mis à sec. Aussitôt la table mise, se montre le premier herbivore, assez semblable au Kangourou. A cette époque, les insectes prennent possession de leur domaine. La flore de l'Europe est celle des climats tempérés et subtropicaux : on y trouve à la fois des Fougères en arbre et des Saules, des Cycadées et des Chênes, des Palmiers et des Conifères.

En même temps, la vie se complète dans les eaux, les *Crustacés* deviennent abondants, les coquilles d'eau douce se rencontrent en grand nombre, celles de la mer se multiplient dans une étonnante progression. Un Requin de 25 mètres, dont la gueule ouverte mesure 3 mètres en largeur, purge les marécages des grands reptiles dont le type extraordi-

naire ne devait pas survivre aux circonstances spéciales de leur naissance.

Telle fut la terre pendant la série de siècles employés à la formation du terrain crétacé.

L'action lente des eaux continuant son œuvre, les



Fig. 21. — Grenouille fossile (époque tertiaire).

terres prirent peu à peu leur aspect actuel pendant la période tertiaire. Cependant, par suite de changements fréquents de niveau, les eaux douces et salées occupaient tour à tour les mêmes régions. Des fleuves déjà puissants se frayaient un chemin dans les vallées qui formaient de vastes lacs.

La température diminuait notablement de l'équateur aux pôles. Cependant les régions boréales jouissaient encore d'une moyenne supérieure de 10 degrés à celle d'aujourd'hui : le Pin, le Séquoia, le Hêtre, le Magnolia croissaient au Groënland. Dans nos régions, les plantes tropicales disparaurent. Il se forma des forêts de Conifères dont les débris accumulés constituent le *lignite*, sorte de houille récente. Les essences actuelles de nos forêts prospéraient en même temps sur de grandes surfaces.

La vie animale progressait rapidement. Voici tour à tour les Batraciens, les Serpents, la Chauve-souris



Fig. 22. — Couteau en silex taillé.

des oiseaux marcheurs, rapaces, grimpeurs, gallinacés, passereaux ; l'Écureuil, une espèce de Chien, un Tapir, un Éléphant, un Singe ; puis, dans le terrain *miocène*, le Dauphin, le Lamantin, la Baleine ; le Castor, l'Antilope, la Girafe, l'Hipparion (sorte de cheval), le Rhinocéros, l'Hippopotame, le Mastodonte, grand éléphant porteur de quatre défenses.

Les carnassiers deviennent plus nombreux à mesure que se multiplient les herbivores : un grand Ours, la Hyène, le Lion, le Tigre se montrent dans tous les climats.

Dans les premières assises du terrain quaternaire, on a trouvé des outils en silex taillés et d'autres vestiges de la présence de l'homme. Sans pouvoir assi-

gner une date à son avènement, nous savons donc qu'il fut contemporain de cette formation et qu'il assista aux changements que subit notre globe après la période tertiaire : des vestiges dont la valeur est discutée ont même fait supposer que l'homme existait, dans notre pays, pendant la période tertiaire.

Il y eut alors un refroidissement notable des cli-



Fig. 23. — Singe fossile restauré (*Mesopithecus* : période tertiaire).

mats, une série de périodes *glaciaires* pendant lesquelles la végétation de notre pays prit un aspect septentrional, tandis que les animaux émigraient en quête d'un milieu propre à leur organisation. L'Éléphant, l'Hippopotame, la Hyène, le Léopard, se réfugièrent d'Europe en Afrique. Un Ours et un Tigre de grande taille disparurent. Le Bœuf musqué, le Renne, descendirent du nord dans nos régions ainsi

que le gigantesque *Mammouth*, éléphant revêtu d'une épaisse fourrure.

Tous les terrains de l'époque quaternaire sont formés d'alluvions qui attestent une action des eaux longtemps continuée. Le sol subit une série de plissements et de changements de niveau qui donna aux continents leur relief et leur configuration moderne. La mer couvrit presque toute l'Angleterre, le centre de la France, le nord de l'Allemagne, la Pologne et une portion de la Russie, puis se retira lentement des terres soulevées. Sur tous les autres points du globe, il y eut des changements non moins considérables. Ce ne furent point des cataclysmes violents, mais des phénomènes de longue durée. Leur alternance força l'homme d'émigrer comme les animaux, de sorte que les perturbations géologiques contribuèrent puissamment à la dispersion de l'humanité.

## V

### Origine et progrès de la vie.

Nous venons de passer rapidement en revue les principales espèces végétales et animales dans l'ordre de leur apparition sur la terre. Il nous a suffi, pour cela, de fouiller chaque terrain, chaque assise, pour découvrir les *fossiles*, témoins irrécusables, dont la place indique l'âge relatif. Mais les Annélides et les Mollusques, les Algues et les Lycopodes, dont les délicates empreintes semblent moulées d'hier, sont-ils les premiers représentants du règne animal et du végétal? Avant ces organismes déjà compliqués,

n'y eut-il pas d'autres séries vivantes plus simples, proportionnées à la nature troublée et changeante des eaux, de l'air et des îles à peine ébauchées?

Nous sommes portés à supposer que la vie se manifesta dès que la température s'abaissa au-dessous du point de coagulation et de décomposition des matières organiques. Alors se développèrent sans doute des êtres d'une simplicité extrême, formés d'une seule *cellule* microscopique. Les premiers habitants de la terre furent invisibles. Aujourd'hui encore, nous les retrouvons partout dans le sol, dans les eaux, dans l'air.

Selon toute probabilité, la vie commença par une *cellule*, c'est-à-dire une



Fig. 24. — Champignon microscopique de la levure.

parcelle de substance enveloppée d'une membrane, qui s'use et se renouvelle sans cesse par l'absorption de matières étrangères, et qui reproduit des cellules de même nature. Tel est le végétal de la *levure*, champignon dont le microscope nous

révèle l'organisation, le développement et la reproduction. Une toute petite cellule grossit peu à peu, se gonfle, puis se divise spontanément. La cellule nouvelle se divise à son tour, et, grâce à ce mode primitif de multiplication, un seul être devient promptement la souche de générations innombrables. Placez dans de l'eau sucrée un seul champignon de la levure; il se nourrit de sucre et sécrète, comme résidu, de l'acide carbonique et de l'alcool; c'est ainsi que se produit toujours la fermentation alcoo-

lique, celle du vin, de la bière, etc. Or on a calculé que, pour décomposer 1 centigramme de sucre et produire 5 milligrammes d'alcool, il fallait de vingt



Fig. 25. — Transformations d'un infusoire (*Amibe*) vu au microscope.

à trente milliards de cellules. Quels nombres d'invisibles travailleurs représente une cuve en fermentation !

Dans le règne animal, la vie se manifeste sous des



Fig. 26. — Squelettes d'infusoires siliceux du tripoli.

formes aussi simples. Faites macérer dans de l'eau une substance animale ou végétale ; au bout de quelques jours, regardez sous le microscope une

gouttelette cueillie à la pointe d'une aiguille : vous la verrez semblable à une fourmilière. On appelle *Infusoires* les êtres infiniment petits dont les germes se développent dans les infusions et les macérations. Quelques-uns, comme l'Amibe, ou Protée, consistent en un globule gélatineux qui s'allonge, se ramifie, pour changer de place ou saisir une proie. Au lieu d'organes, il possède la faculté de modifier sa forme selon ses besoins.)

Des êtres aussi fragiles meurent sans laisser de traces. Mais d'autres infusoires et leurs proches parents, les *Foraminifères*, sont munis d'une carapace siliceuse qui leur survit. Les roches jaunâtres ou rougeâtres connues sous le nom de *tripolis*, qui appartiennent aux terrains de transition, sont en partie constituées par des squelettes de ces animaux invisibles. Un centimètre cube en contient des millions. Examinés au microscope, on trouve qu'ils offrent la plus grande analogie avec d'autres espèces qui vivent aujourd'hui dans toutes les mers.

Des chercheurs patients, armés des plus puissants microscopes, ont découvert sur des végétaux fossiles de la période houillère un champignon parasite analogue à celui qui cause, de nos jours, la mort d'un grand nombre de plantes. Ainsi nous sommes fondés à croire que la vie s'est révélée, dans les deux règnes, sous les formes tout à fait élémentaires, analogues à celles qui persistent actuellement dans l'ensemble de la création.)

A mesure que le milieu se modifia, la taille s'accrut, les organes se compliquèrent. Dès l'époque silurienne, des *Fucus* couvrirent les rochers submergés et des *Mousses* tapissèrent les premiers terrains. De plus, une certaine faculté d'*adaptation* permit aux

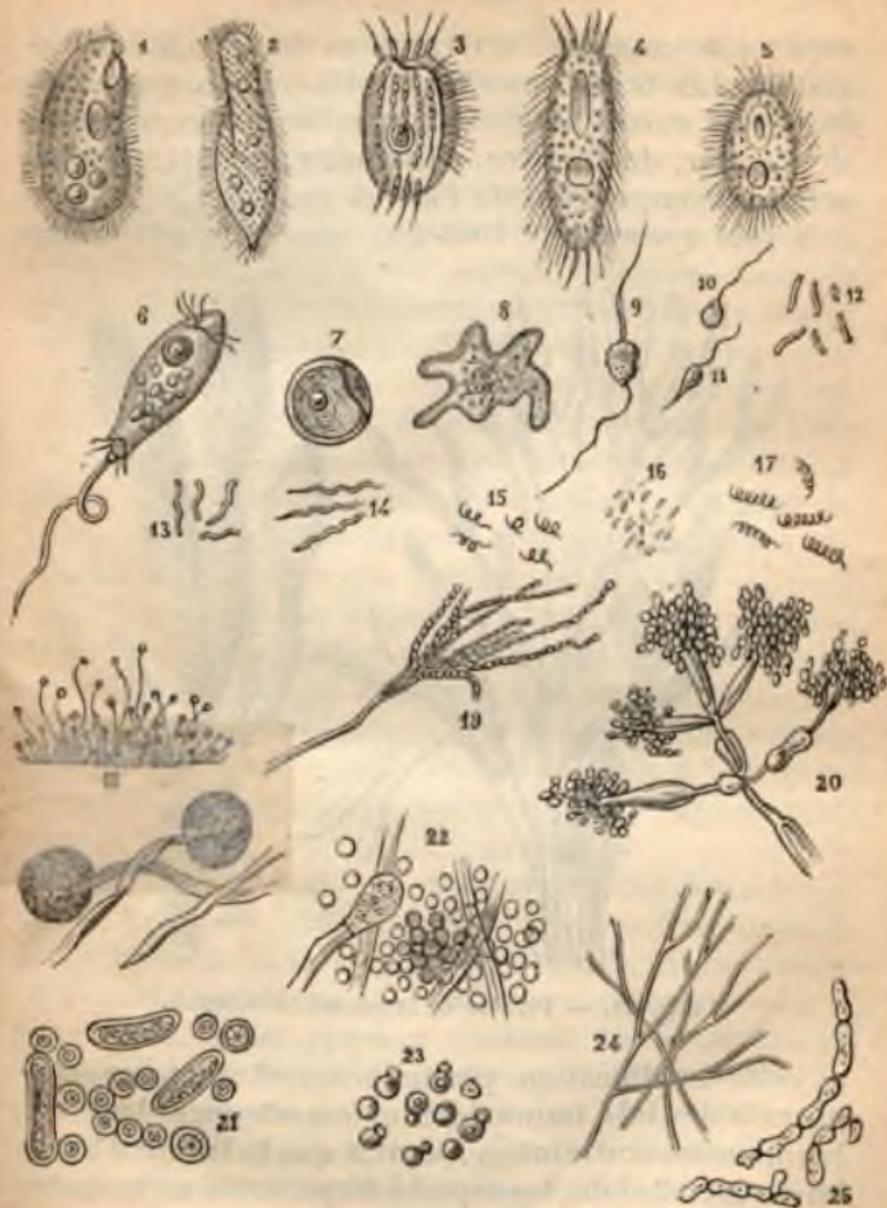


Fig. 27. — Le monde des infusoires. 1 à 17, animaux.  
18 à 25, végétaux.

espèces de continuer à vivre dans des conditions variables. Les organismes se modifiaient, comme nous le voyons encore de nos jours, selon les circonstances de chaleur, de lumière, d'humidité, peut-être même selon la composition de l'air et des eaux.)

Il faut reconnaître toutefois que (cette adaptation



Fig. 28. — Plantes de la période silurienne.

et cette modification partielle furent toujours soumises à des lois immuables et maintenues dans des bornes assez restreintes) Aussitôt que la limite d'adaptation fut atteinte, les espèces disparurent au moindre changement qui s'opéra dans leur domaine. Ce ne furent ni de violents cataclysmes ni des bouleversements soudains qui causèrent ces extinctions. Elles

résultèrent des modifications géologiques lentes, mais continues, et d'un *antagonisme* qui formait partie du plan de la création, antagonisme qu'on a justement nommé la *lutte pour la vie*.

(Chose remarquable, les organismes les plus simples sont les plus persistants. Les espèces rudimentaires, infusoires, foraminifères, algues, mousses, champignons, mollusques, crustacés, durent depuis les temps les plus reculés, tandis qu'une foule d'êtres plus élevés dans la série animale ou végétale, créés beaucoup plus tard, ont disparu depuis longtemps. Plus l'organisation est compliquée et perfectionnée, moins elle est durable. L'homme, dernier venu sur la terre, est sans doute appelé à disparaître avant les animaux supérieurs qui l'entourent.)

Certains animaux semblent n'avoir eu d'autre destinée que de détruire des espèces devenues trop nombreuses afin de laisser à une série plus élevée la nourriture disponible. Une fois leur tâche accomplie, ces exterminateurs furent dévorés à leur tour par des êtres tellement voraces qu'ils s'éteignirent faute de proie.

Remarquons d'ailleurs que les espèces destinées à périr sont peu fécondes, tandis que celles dont la perpétuité importe à l'harmonie de la vie terrestre se reproduisent dans des proportions extraordinaires. Une laitance de saumon contient 20 000 œufs; le hareng en produit chaque année 120 000, la perche 160 000, la morue près de 7 000 000 ! La mouche de nos maisons peut, en trois mois, se former une famille de 750 000 descendants. En une saison la postérité d'une puceronne s'élève à 30 billions d'individus. La fécondité des plantes est plus merveilleuse encore. Un pied de pavot porte 32 000 graines, un orme 600 000.

Le champignon *réticulaire* fournit 10 000 000 de corpuscules reproducteurs. Mais ce n'est rien en comparaison du *Lycoperde*. Un seul individu contient des millions de milliards de graines ou spores microscopiques. Chacune peut donner naissance, en une nuit, à un champignon gros comme une citrouille. Si elles se trouvaient dispersées sur tout le globe dans des conditions favorables à leur développement, la terre en serait complètement couverte au bout de quelques heures : la première génération suffirait pour tout envahir.

Mais, grâce à l'antagonisme, à la lutte continuelle pour prendre et garder leur place, les espèces animales et végétales se maintiennent réciproquement dans les limites qui conviennent à leur rôle et à leur destination.

Le petit et le grand sont égaux dans l'harmonie de la nature. Ce sont même les êtres les plus petits qui semblent les plus indispensables. Néanmoins, après avoir admiré les merveilles du monde invisible, nous nous complaisons à mesurer les colosses qui nous étonnent par leur masse, leur force ou leur longévité. Involontairement, nous nous prenons comme terme de comparaison. C'est par rapport à nous, à notre durée que nous jugeons le monde. Voilà pourquoi nous trouvons également extraordinaire l'existence d'un insecte qui se termine en quelques heures et celle d'un arbre qui dure des milliers d'années. Tel est le Séquoia géant des forêts californiennes. L'un de ces colosses, aujourd'hui foudroyé et couché sur le sol, mesurait 150 mètres de hauteur. On en connaît plusieurs autres qui mesurent 10 mètres de diamètre, et les couches annuelles du bois, véritable extrait d'âge des arbres, font re-

monter leur naissance à environ 4000 ans <sup>1</sup>! Que sont donc, dans l'ordre infini de l'univers, les périodes cent fois séculaires qui se succèdent depuis l'aurore



Fig. 29. — Tronc de Séquoia de Californie, mesurant 10 mètres de diamètre.

de la vie, quand une seule plante dépense quarante siècles pour atteindre tout son accroissement?

Nous avons établi que les espèces naissent, se répandent et disparaissent d'après des lois fixes, qui

1. D'après un examen récent il semble que l'on a notablement exagéré l'âge de ces arbres extraordinaires.

régissent la création. En dehors de cette *évolution* prédestinée qui s'accomplit graduellement, sans secousses, et dont les phases échappent à nos calculs, nous ne pouvons omettre de considérer deux autres causes de destruction : les accidents géologiques et l'intervention de l'homme.)

A part des actions volcaniques dont nous nous occuperons plus tard, les périodes de formation de la terre furent, dans leur ensemble, lentes, régulières, exemptes de violentes perturbations. On ne peut nier cependant que sur quelques points il n'y ait eu des changements brusques de niveau, des ruptures de digues naturelles, des débâcles de glaces, des éboulements qui causèrent, sur une plus vaste échelle, des ravages que nous voyons encore se produire de nos jours.

On ne peut guère expliquer autrement la présence, sur certains points, de nombreux animaux ensevelis sous l'argile et le sable, ou englobés dans des amas de glaçons. Le Mammouth, éléphant haut de 4 mètres, aux longues défenses recourbées, formait d'innombrables troupeaux, pendant l'époque quaternaire, dans tout le nord de l'Europe, de l'Asie, de l'Amérique, jusqu'aux îles de la mer Glaciale. Une épaisse et longue fourrure lui permettait de supporter ces climats assez rigoureux, bien que la température moyenne y fût plus élevée qu'aujourd'hui d'environ 10°. Lors des débâcles du printemps, des troupes entières se trouvaient parfois surprises par les glaces. Le climat se refroidissant graduellement, il a suffi d'une succession d'années exceptionnelles pour augmenter l'épaisseur de leur prison. Plus tard, la chaleur de l'été, très court dans ces régions, ne suffit pas pour mettre à nu leurs cadavres, Ils se



Fig. 30. — Mammouth fossilo trouvé en Sibérie.

sont conservés jusqu'à nos jours. Au commencement de ce siècle, on dégagea, vers l'embouchure de la Léna, le corps d'un mammouth fossile admirablement conservé et les chiens mangèrent sa chair, demeurée intacte pendant des milliers d'années.

Quant à l'action de l'homme, nous pouvons la constater depuis les temps historiques. L'Aurochs a disparu des forêts de notre pays, où on le voyait encore du temps de César. Le Lamantin, chassé à outrance, est devenu excessivement rare. La Baleine franche ne se rencontre plus que dans des mers presque inaccessibles. On peut prévoir le temps où le Lion, l'Éléphant, la Girafe cesseront d'exister en Afrique. Le Castor abandonne une à une les rivières du Canada. Deux oiseaux, un énorme échassier et le *Dronte*, ont été exterminés à l'île Maurice ; un autre géant des oiseaux, le *Moa*, fut anéanti par les habitants des îles Samoa, qui, chassés de leur pays par la faim, envahirent la Nouvelle-Zélande. Quand ils eurent tué le dernier *Moa*, ils commencèrent à s'entre-dévorer : dans la lutte pour l'existence l'homme n'épargne même pas son semblable.

L'homme est certainement appelé à détruire un grand nombre d'espèces. A mesure que la population devient plus dense et que progresse la civilisation, les animaux malfaisants ou inutiles, à son point de vue, disparaissent, puis vient le tour de ceux qui ne rendent pas des services proportionnés à leur consommation de nourriture. Par suite de cette action permanente, la terre sera graduellement réservée aux êtres les plus utiles à l'humanité. L'œuvre de la création s'est développée depuis le commencement par voie d'élimination et de remplacement pour un très grand nombre d'espèces. Lorsque l'homme a

pris possession de son domaine, tout était préparé pour son avènement ; mais à lui seul appartenait la tâche de l'approprier à l'accomplissement de ses destinées.

## VI

### Les régions polaires.

(Les géographes ont divisé la terre en traçant à la surface de la sphère qui la représente des cercles qui s'appellent *équateur*, *tropiques*, *cercles polaires*. Notre globe se trouve ainsi partagé en cinq zones : deux zones glaciales comprises chacune entre un cercle polaire et le pôle correspondant ; deux zones tempérées, limitées par un cercle polaire et un tropique ; une zone torride, qui s'étend d'un tropique à l'autre et comprend, à mi-chemin, l'équateur.)

(La zone torride représente 40 centièmes de la surface terrestre ; chaque zone tempérée, 26 centièmes ; enfin chaque zone glaciale, 4 centièmes seulement.)

(Transportons-nous dans la zone glaciale arctique, celle de notre hémisphère, la plus importante et la mieux connue.)

(Le nom seul des pays que nous allons explorer nous fait pressentir une température très basse. En effet, celle de nos hivers rigoureux peut à peine nous en donner une idée. Sans nous attarder à l'explication astronomique des climats et des saisons, cherchons les causes de ce froid exceptionnel.)

Vous savez qu'à partir du 21 décembre les jours augmentent graduellement, dans notre hémisphère,

jusqu'au 21 juin ; que le 21 mars le jour et la nuit sont égaux. A l'équateur, même le 21 juin, la différence de longueur du jour et de la nuit est peu considérable, mais elle augmente progressivement à mesure qu'on s'en éloigne. A Paris, il s'écoule peu de temps entre le crépuscule du jour qui finit et l'aurore du jour suivant. Eh bien, plus loin encore de l'équateur, au cercle polaire, la nuit du 21 juin n'existe pas, le soleil ne descend pas au-dessous de l'horizon, le soleil brille à minuit. Par contre, il ne se montre pas le 21 décembre. Ainsi, pendant l'été, les régions polaires ont des nuits très courtes et même nulles ; mais, pendant l'hiver, le soleil se montre peu ou point sur l'horizon ; les mois de novembre, décembre, janvier et février forment pour ainsi dire une nuit continuelle, entrecoupée d'aurores et de crépuscules beaucoup plus longs que dans nos climats.

Il est naturel que l'hiver soit rigoureux dans des pays où le soleil ne tempère pas le refroidissement dû à d'autres causes générales. Mais puisque, pendant l'été, des jours d'une longueur croissante jusqu'à vingt-quatre heures font compensation aux longues nuits de l'hiver, les traces du froid devraient disparaître pendant cette saison, la terre et la mer devraient s'échauffer sous l'action continue du soleil. Il n'en est rien cependant. Le soleil polaire brille, mais n'échauffe pas. Eu voici la raison. Sous la zone torride, les rayons du soleil arrivent à la terre dans une direction verticale à midi, pendant deux jours de l'année, et jamais ils n'ont une direction très oblique. Mais, à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, l'obliquité des rayons augmente ; au pôle, elle est considérable. Or la quantité de chaleur diminuant avec l'obliquité des rayons, les pays glacés pendant les

longues nuits d'hiver ne se réchauffent pas sous la clarté impuissante des étés. Aussi un large anneau de glaces éternelles entoure la terre aux environs des cercles polaires. Longtemps on a cru que le froid augmentait continuellement à mesure qu'on approchait du pôle. Mais la découverte des courants marins et de ceux de l'atmosphère avait fait supposer



Fig. 31. — Origine des glaces flottantes.

qu'aux environs de chaque pôle il devait y avoir un espace moins froid. Des explorations récentes ont confirmé cette théorie. Les pôles ne sont pas recouverts d'une couche de glace uniforme. Il existe une mer polaire libre, et, si cette mer possède des îles, on

peut assurer qu'elles offrent un climat analogue à celui de l'Islande.

L'Europe, l'Asie et l'Amérique contribuent à former le domaine de la région polaire arctique. La Laponie et le Spitzberg appartiennent à l'Europe; l'Asie fournit la lisière septentrionale de la Sibérie et les îles du voisinage; le Groënland est une terre américaine.

Dans ce royaume du froid, l'homme n'a pas pu pénétrer au delà du 82° degré de latitude. Mais, à mesure que les expéditions polaires se multiplient, l'expérience acquise et le perfectionnement des moyens d'exploration permettent d'espérer que l'on atteindra le pôle. Cette conquête scientifique nous réserve sans doute des faits intéressants pour l'histoire de la terre.

Les régions polaires comprennent, comme le reste du globe, des plaines, des montagnes, des lacs, des rivières et des mers. Cependant elles semblent beaucoup plus uniformes sous la croûte de glace et de neige qui nivelle le sol et donne à tous les paysages le même aspect désolé.

On peut dire qu'il n'y a que deux saisons : l'hiver, de neuf mois, et l'été, qui comprend juin, juillet, août. Pendant ces trois mois, la neige ne fond que sur quelques points privilégiés, très peu élevés au-dessus du niveau de la mer.

Alors la terre dégèle à quelques centimètres de profondeur et l'air reste un peu au-dessus de 0° jusqu'à la hauteur de 13 à 20 centimètres. Comme température extrême du mois de juillet, près du sol, on a noté en Islande 13°, au Groënland 4 à 8°, au Spitzberg 2°.

On conçoit aisément que de pareils étés n'entament

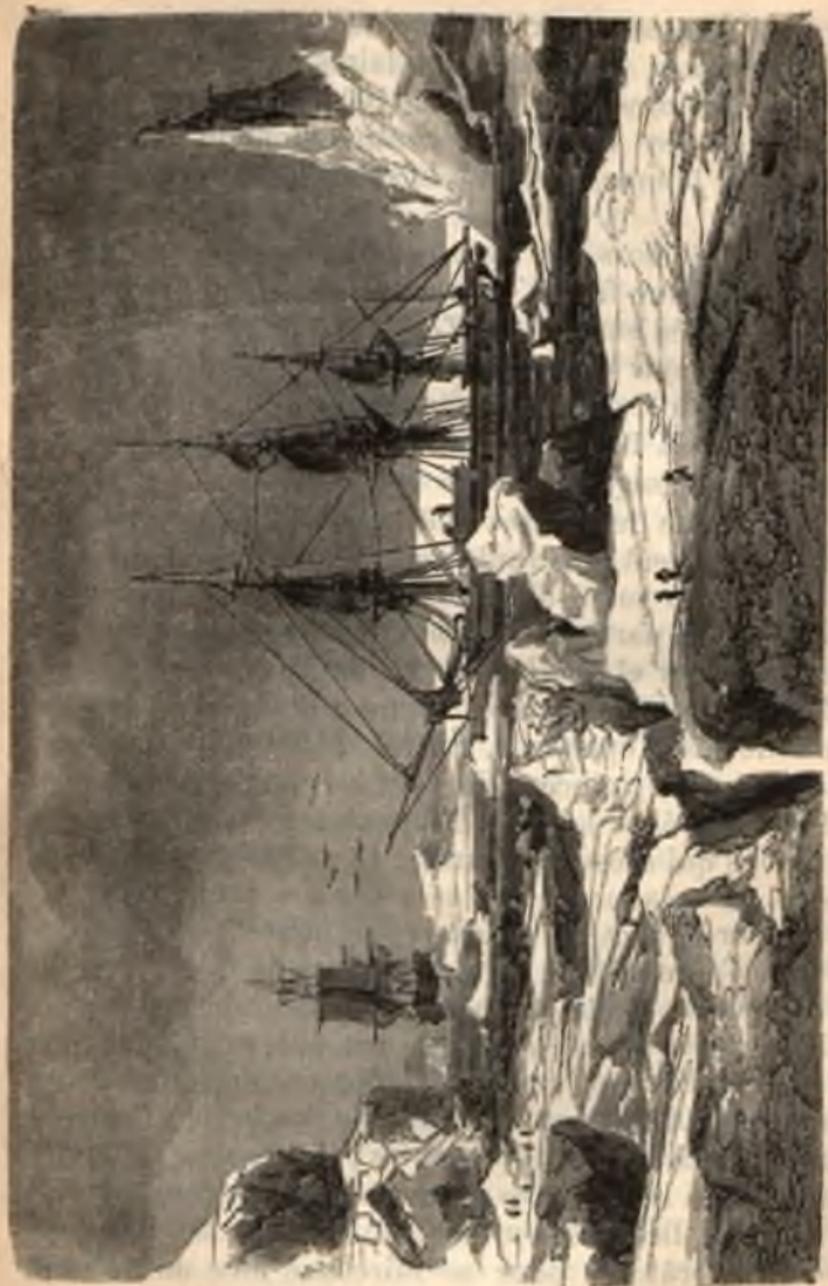


Fig. 32. — Intérieur de la banquise.

guère la masse énorme de glace accumulée pendant l'hiver. Aussi les glaciers polaires, vastes fleuves solides, qui mesurent jusqu'à 100 kilomètres de largeur, glissent lentement, continuellement, des montagnes à la mer, sans que le soleil les arrête au passage.

On voit alors des masses énormes se fendre, se détacher avec fracas et tomber dans la mer, dont les courants les emportent. Telle est l'origine des glaces flottantes qui descendent du pôle jusqu'aux mers chaudes du tropique, véritables montagnes qui s'élèvent jusqu'à 100 mètres au-dessus de la mer, tandis que leur base y plonge de 400 mètres.

Pour que les glaces flottantes détachées des glaciers prennent leur route vers les régions chaudes, il faut que le soleil d'été et des courants d'air attiédissent fondent en partie les *champs de glace* qui couvrent toute la mer et que les marins désignent sous le nom de *banquises*. Ces glaces forment des nappes de 10 à 40 mètres d'épaisseur, reliées entre elles par des plaques plus minces. Ce sont ces soudures qui fondent en été et laissent des passages libres entre les champs qui mesurent parfois 15 ou 20 lieues en tous sens. Les plaques, entraînées par les courants, poussées par le vent, se heurtent, se brisent, se superposent, s'amoncellent en fragments, de sorte que la surface est toute hérissée de blocs, de pointes et d'aspérités. C'est à travers cet encombrement que les vaisseaux explorateurs s'efforcent de se frayer un passage. Mais bientôt l'automne les retient prisonniers dans les blocs ressoudés ; ils doivent attendre neuf mois les chances d'une nouvelle saison.

Il faut lire les journaux de bord et les relations des explorateurs pour se faire une idée de ce long

hiver polaire. On a constaté à Fort-Reliance, dans l'Amérique anglaise, 56° de froid, 66° en Islande, 69 et 73° en divers points du Groënland, 80° en Sibérie. A partir de 40°, si l'on touche avec la main nue un objet en métal, il adhère à la peau et la désorganise, comme le ferait du fer rougi.

La seule compensation que la nature offre pendant les longs mois sans soleil, c'est le spectacle des illuminations électriques qui forment un anneau irisé autour du cercle polaire. Tantôt une lueur rougeâtre, puis violette, envahit le ciel; tantôt sur un fond bleu pâle s'agitent et s'enroulent des draperies flamboyantes; tantôt des rayons multicolores s'échappent d'un centre de feu. La terre, astre éteint, brille encore dans l'espace d'une pâle lueur, qui remplace la lumière du jour pendant une nuit de neuf mois.

Il semble que la vie doive reculer devant ces régions désolées, où l'été même a les rigueurs de nos hivers. Mais la vie se prête à tant de combinaisons, les êtres sont susceptibles d'une adaptation si variée, que même sur les neiges éternelles on voit croître un microscopique champignon (*Discerea*) qui couvre de grandes plaques rougeâtres leur attristante uniformité.

Le pâle soleil de juin, échauffant un peu les terres basses, fond la neige du dernier hiver. En maint endroit, son effort ne va pas plus loin. La terre reste nue et glacée. Ailleurs le dégel pénètre à quelques centimètres dans le sol. Si le terrain est plat, sans écoulement naturel, la glace profonde de la terre formant un sous-sol imperméable, le dégel produit un marécage dont l'eau se maintient à la température de la glace fondante; l'air est à 0° à quelques centimètres au-dessus du sol. Telles sont les *toundras*

de la Sibérie et de la Laponie. Seules des mousses brunâtres croissent dans ce milieu ingrat, inhospitalier pour tous les animaux.

Sur les terrains inclinés, où l'eau ne séjourne pas, la *tundra* prend un autre caractère. Les sobres *Lichens* s'emparent de tout espace mis à nu. Défricheurs patients, ils s'attaquent à la roche comme à la terre durcie. Les premières générations meurent à la peine ; mais leur poussière donne à d'autres, plus favorisées, l'aliment et la force pour continuer leur tâche. C'est encore un désert, mais il a couvert d'un tapis sa nudité, et le Renne se contente de cette âpre et sèche nourriture : là où vit le renne, l'homme peut exister.

A mesure qu'on s'éloigne du pôle, la végétation prend un caractère moins sévère et moins uniforme : ce sont de véritables prairies, qui s'éveillent au renouveau polaire. Les souches vivaces ont résisté à la rigueur du froid. Il suffit de quelques heures pour ranimer la sève, et la continuité de la lumière compense le peu de chaleur du soleil. En quelques jours paraissent les boutons, car le temps presse pour mûrir les graines. Les fleurs grandes et brillantes concentrent avidement sur l'ovaire la vie qui leur vient du soleil : la pourpre des Saxifrages se marie aux tons roses de la Primevère ; la Renoncule jaune s'ouvre près du Myosotis azuré.

Dans les parties les plus favorisées, le voyageur découvre des Bruyères, des Nerpruns, des Saules. Mais ces végétaux ne forment ni des forêts ni des taillis ; à peine peut-on donner le nom de buisson à cette végétation avortée. Il faut l'œil du botaniste pour reconnaître le saule de nos campagnes dans cette plante ras de terre. Les plus grands atteignent

16 centimètres : ce sont les géants de ce monde lilliputien. A la Nouvelle-Zemble, le Saule polaire ne dépasse pas 13 millimètres : la pousse d'une année comprend deux feuilles et un chaton !

Ce n'est pas, comme on le dit généralement, la brièveté de la belle saison qui empêche ces arbres de croître. Même en ne formant chaque année que des entre-nœuds d'un demi-centimètre, ils pourraient atteindre des dimensions considérables. Mais, en s'élevant plus haut, ils gagneraient une couche d'air que le soleil ne réchauffe pas. Pour vivre, ils doivent demeurer dans la couche habitable pour les feuilles. Voilà pourquoi l'adaptation les réduit à de si infimes proportions.

Malgré le froid, malgré la nuit, malgré la pauvreté des productions végétales, des animaux assez nombreux habitent les régions polaires. La grande Baleine franche s'y réfugie pour éviter la poursuite de l'homme ; le Phoque et le Morse hantent les plages où rôdent les Ours blancs. Un Renard et un Lièvre blancs, un rongeur, le Lemming, parcourent les neiges durcies et les terres découvertes ; l'Élan et le Renne ont besoin d'un climat moins glacial et demeurent dans les contrées où l'homme peut lutter contre la nature. Le Renne, sobre et docile, réduit en domesticité, se laisse atteler aux traîneaux, fournit son lait, sa chair, sa peau, ses os aux besoins et à l'industrie primitive des habitants. Les oiseaux abondent sur certains rivages : l'Oie sauvage en Sibérie, le Cygne en Islande, le Pétrel, le Cormoran, le Plongeon, aux Hébrides et en Norvège ; l'Eider, en Laponie, au Groenland, au Spitzberg. Une Chouette diurne se rencontre dans l'Amérique russe ; le Pinson et plusieurs espèces de Bruants arrivent chaque

été dans les terres buissonneuses où les insectes ne

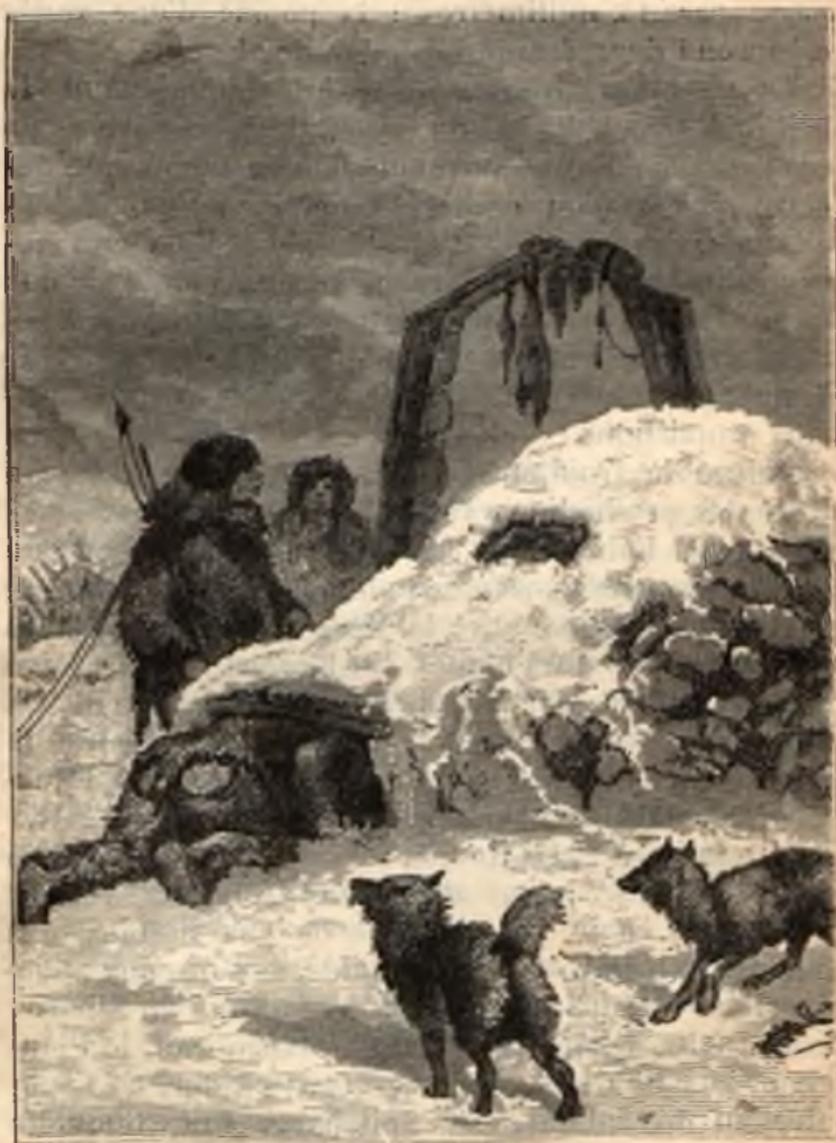


Fig. 33. — Habitation d'hiver des Esquimaux.

leur font point défaut. Citons enfin deux Serpents, deux Lézards et une espèce de Grenouille.

Telles sont aujourd'hui la flore et la faune des régions polaires boréales. Mais la présence de charbon fossile, les empreintes fossiles de Tilleul en Islande, de Tulipier au Spitzberg, prouvent qu'à une époque lointaine la zone glaciale avait un climat beaucoup plus doux. Si les grands végétaux s'y développèrent jadis, c'est que cette chaleur ne leur fit pas défaut. Nous devons en conclure que, outre les lentes oscillations qui refroidissent alternativement les deux pôles, il y a eu diminution considérable dans la chaleur lumineuse du soleil.

Lorsque les premières familles d'émigrants asiatiques allèrent s'établir dans les régions polaires, il est probable que le climat était moins rude qu'aujourd'hui. Plus tard, l'attachement au sol natal y retint les habitants, qui passent l'hiver dans des huttes de neige, consacrent à la chasse et à la pêche les mois d'été et nous offrent par leur langage, leurs mœurs, leur industrie une vivante tradition de l'humanité primitive.

## VII

### La nature tropicale.

Entre les tropiques s'étend le royaume du soleil. Là, pendant une partie de l'année, il darde des rayons presque verticaux ; à certains jours, l'homme, les monuments ne portent pas d'ombre. Dans cette zone torride, inondée de lumière et de chaleur, la terre

revêt un aspect tout particulier, la vie prend des formes extraordinaires.

Pour se faire une idée un peu exacte de ces régions, il faut explorer les côtes et l'intérieur des terres dans les divers continents. Un paysage africain diffère totalement de ceux de l'Inde et de l'Amérique. La faune n'est pas moins variée que la végétation. Lorsque l'on parle de la nature tropicale, on est souvent porté à l'exagération, par suite des impressions vives qu'elle grave dans le souvenir. Essayons de lui rendre justice, sans nous laisser entraîner par la fantaisie.

La température moyenne, aux environs de l'équateur, est de 27 à 28° ; en Afrique, elle s'élève à 30°. Entre le mois le plus chaud et le plus froid, il n'y a souvent qu'une faible différence ; elle est de 2° à Singapore. Dans les parties boisées et aux bords de la mer, les nuits sont tièdes ; mais dans les plaines dénudées, dans les endroits où la terre rayonne fortement vers un ciel parfaitement pur, les nuits sont fraîches et même froides. Ainsi, à Calcutta, on se procure de la glace en exposant la nuit sur le toit des maisons des assiettes pleines d'eau posées sur un lit de paille. L'évaporation et le rayonnement suffisent pour congeler la surface du liquide.

(Pendant le jour, la température varie singulièrement sur le même parallèle) selon la proximité de la mer, la direction des vents, la configuration du terrain, l'état de sa surface, la nature de la végétation. Dans les forêts équatoriales, là où ne pénètrent pas les rayons du soleil, il est rare que le thermomètre s'élève au-dessus de 40°. Dans les savanes, la température à l'ombre peut dépasser 45°. Lorsque le sol est aride, que des collines réfléchissent les rayons



Fig. 34. — Feuilles et fleurs de *Victoria regia*.

et que l'air échauffé reste emprisonné dans des gorges dénudées, comme sur les côtes de la mer Rouge, les parties basses de l'Abyssinie, on peut observer jusqu'à 56°; c'est le maximum connu pour des observations faites avec le soin nécessaire. En ces mêmes lieux, le thermomètre placé sur le sol marque 75°. On comprend que, pour apprécier la chaleur réelle de l'air, il faut se mettre à l'abri non seulement du soleil, mais de la réverbération terrestre et du souffle des vents chauds.

Faute d'avoir pris ces précautions, quelques voyageurs ont relaté des températures fantaisistes. Le maximum connu est de 30° en pleine mer et 56° à terre. Dans tous les pays, l'homme commence à souffrir lorsque la température dépasse celle du sang, qui varie, selon les climats, entre 37 et 38°.

On sait que la température diminue rapidement à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau de la mer. Les hautes montagnes situées sous l'équateur sont couvertes, comme celles de l'Europe, par des glaciers et des neiges perpétuelles. Par conséquent, il ne suffit pas qu'un pays soit compris dans la zone torride pour qu'on le classe parmi les pays chauds. Les plateaux élevés y jouissent d'un printemps continuel, tandis que sur les sommets règne le froid intense des régions polaires, mitigé pendant le jour par les rayons presque perpendiculaires du soleil. Dans une description générale, on ne doit donc comprendre que les régions au niveau de la mer ou d'une faible altitude.

C'est ordinairement au bord des eaux, dans les estuaires des fleuves, sur les rivages, dans les lagunes du littoral, que le voyageur contemple pour la première fois la végétation tropicale. Des étonnements



Fig. 35. — Oasis de Gafsa.

l'attendent dès les premiers pas. Il croyait toucher terre au pied d'une forêt qui s'abaisse en bosquets jusqu'à la mer ; à mesure qu'il approche, il reconnaît que les Palétuviers ont envahi le domaine des vagues. Des racines aériennes, parties du tronc, recourbées et ramifiées, se sont enfoncées dans la vase, et les arbres, suspendus sur ces arcs-boutants, couvrent d'une ombre impénétrable l'eau fourmillante de mollusques.

Le long des fleuves, la forêt se dresse majestueuse, imposante, inabordable. Mais, sur les alluvions de la rive et sur les plages basses formées par les grandes eaux, la végétation étale toutes ses coquetteries. Sur un fond de grands roseaux en éventail se détachent les hautes feuilles argentées de l'*Heliconia*, qui laisse tomber son épi de fleurs tricolores parmi les *Balisiers*, aux cornets pleins de rosée, sous le panache ondoyant des *Bambous*.)

Parfois, les plantes empiètent tellement sur l'eau que celle-ci disparaît sous la verdure et les fleurs. Ainsi le *Papyrus* en touffes serrées oblige le Nil à changer son cours ; ainsi la *Victoria regia*, géant des nénuphars, dérobe aux yeux de vastes espaces dans les remous de l'Amazone et de l'Orénoque. Les fleurs de *Victoria regia*, disposées comme celles de nos nénuphars, mesurent de 35 à 40 centimètres en diamètre. Quant à la feuille, c'est une merveille, pour la taille et la structure. Une seule fait la charge d'un homme. Sa taille atteint près de 3 mètres. C'est un disque vert en dessus, pourpre en dessous, renforcé inférieurement par un système de nervures proéminentes, et relevé sur les bords comme un bac. Un homme pourrait en faire un radeau. Les grands échassiers viennent s'y poster pour guetter leur proie.

Mais la luxuriante ceinture des côtes, l'exubérante végétation qui escorte les fleuves disparaissent souvent dans l'intérieur des continents. Aux jungles impénétrables de l'Inde, l'Afrique oppose le contraste de ses terres arides. Pendant bien des jours la caravane foule le sol de roc, d'argile sèche, de cailloux et de sable sans trouver un bosquet, un arbre, un puits. Ces espaces désolés contiennent tous les éléments de la vie, sauf un seul : l'eau. Cependant des courants souterrains, trouvant en quelques points un sous-sol imperméable, y forment des lacs recouverts à peine de quelques pieds de sable. Aussitôt la plante signale ce sol humide ; l'homme sème le Dattier, cultive sous son ombrage les végétaux conquis par la civilisation, et la riante oasis s'épanouit au milieu du désert.

Le dattier veut avoir « la tête dans le feu, les pieds dans l'eau », disent les Arabes ; c'est à cette condition qu'il devient leur providence. Mais la nature, pour parer les lieux les plus arides, animer les sites les plus déshérités, a formé toute une classe de plantes, prodiges d'organisation, qui ne demandent pour ainsi dire rien à la terre et supportent sans souffrir les ardeurs du soleil : tels sont les cactus. C'est aux déserts mexicains qu'il faut aller les étudier dans leur variété et leurs étonnantes proportions. Ici, l'*Opuntia* s'entretace en fourrés hauts de 4 à 5 mètres ; plus loin, les *Melocactus* velus et taillés à côtes saillantes arrondissent leur masse globuleuse, qui pèse plusieurs centaines de kilogrammes ; ailleurs, le Cierge géant dresse à quinze mètres de hauteur sa tige cannelée, bizarrement ramifiée en candélabre. Pour vivre, le Cactus doit satisfaire aux conditions suivantes : exiger peu de sels minéraux, absorber rapidement l'humidité de l'atmosphère ou du sol, perdre le moins possible

de cette humidité après l'avoir emmagasinée. On sait que les feuilles des végétaux sont des organes de respiration et de transpiration : elles évaporent rapidement la sève et produisent un vide qui dessècherait les rameaux et le tronc s'ils ne renouvelaient dans le sol le liquide évaporé. La fonction évaporatrice eût été mortelle pour le Cactus ; l'organe principal de cette fonction a disparu ; ils n'ont pas de feuilles, ou du moins elles avortent à peine formées : exemple frappant d'adaptation aux conditions d'existence.

Aux marécages, aux jungles, aux forêts, aux savanes, aux déserts des pays intertropicaux, la nature a donné des hôtes en harmonie avec la végétation et le climat. Nous devons nous attendre à trouver dans les animaux de ces contrées des dimensions colossales, des formes étranges, des couleurs éclatantes ; leur nombre doit être en proportion de la fécondité de la terre.

L'Inde et l'Afrique possèdent l'Éléphant, chassé de nos contrées par le froid et par l'homme ; l'Afrique seule nourrit l'Hippopotame, le Rhinocéros, la Girafe ; le Zèbre, le Couagga, le Daim, l'Hémione ; le Chimpanzé et le Gorille, moules amplifiés des singes de tous les pays chauds. Le Dromadaire africain, le Chameau asiatique ont pour alliés dans le nouveau monde le Lama et la Vigogne, mais ceux-ci n'habitent que les plateaux élevés des Cordillères. Le Lion, le Tigre, la Panthère, poursuivent l'Antilope d'Afrique, la Gazelle d'Asie, prélèvent une dime sur les troupeaux de Buffles et de Zébus. Là où manque le gibier, la Panthère et le Tigre n'hésitent pas à se jeter sur l'homme ; mais le Jaguar américain n'a jamais cette audace, pas plus que le Pouma, sorte de petit lion sans crière qui chasse comme lui le Tapir et le Pécari.



Fig. 36. — Les Cactus du Mexique,

Les abords des fleuves et des lacs sont gardés dans l'Inde par le Gavial, en Afrique par le Crocodile, en Amérique par l'Alligator ou Caïman. Ce sont les derniers représentants des gigantesques *Sauriens*, dont le géologue retrouve les restes dans les anciennes couches de la terre. Ils continuent dans les eaux des climats brûlants leur rôle d'épurateurs, tandis que d'innombrables familles d'Ibis et de Vautours rendent ailleurs les mêmes services.

Dans les terres basses et humides, parmi les herbes et les taillis, rampent les serpents redoutables par leur force, comme le Boa, le Python; par leur venin, comme le Naja, le Crotale.

Les insectes mêmes sont plus brillants et plus extraordinaires que sous les cieux moins ardents. L'Hercule, comparé au Charançon, est plus gros que l'Éléphant auprès d'un Rat; les *Phasmes* atteignent trente centimètres de longueur; l'araignée Mygale attaque dans leur nid les oiseaux; les papillons énormes semblent pailletés de pierres précieuses; les Colibris étincelants, merveille de couleurs et quintessence de vie, bourdonnent, mouches vibrantes, sur les fleurs, dont ils pompent le miel sans se poser.

Les Cotingas et les Tangaras, chanteurs au brillant plumage, animent les clairières et les buissons; le Hocco et la Pénélope se cachent sous le couvert des forêts; au bord des eaux, l'Agami jette son cri de trompette, la Spatule fouille le sable, et le Flamand dort la tête sous son aile; le Casoar dans les savanes, l'Autruche dans les plaines africaines, nous donnent une idée des races récemment éteintes de l'Épiornis et du Moa (*Dinornis giganteus*).

Les eaux, la terre, l'air, se montrent prodigues dans ces pays pleins de chaleur et de lumière. La

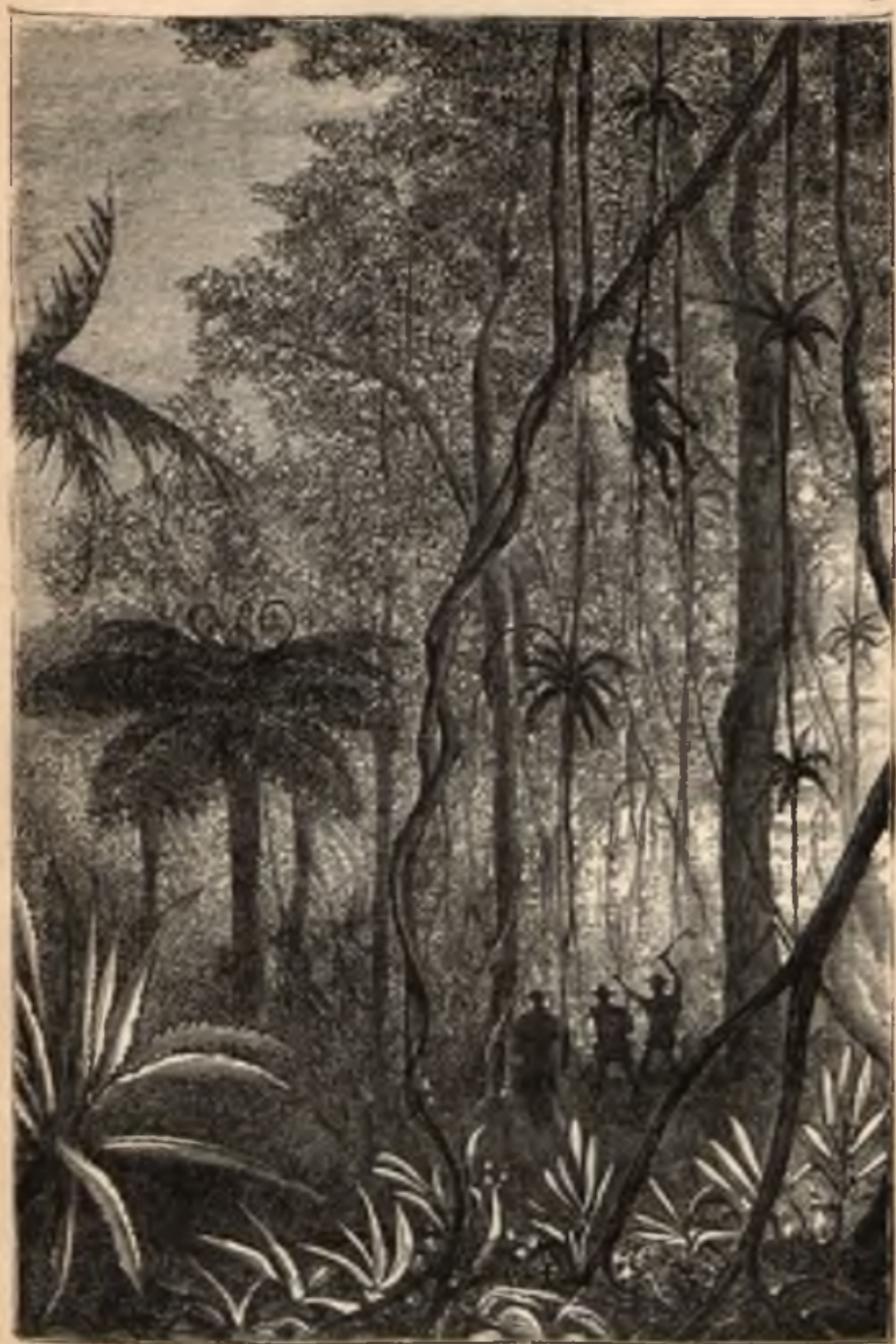


Fig. 37. — La forêt vierge.

vie déborde, et sous ces aspects rians ou grandioses se cache une âpre et violente lutte pour l'existence. Ces riches domaines ne s'offrent point spontanément à l'homme : il doit en faire la conquête, prendre part au grand combat.

Ce n'est qu'avec des peines infinies que l'on pénètre le mystère de la forêt vierge. De grandes herbes tranchantes, des Bromélias hérissés de pointes, des Palmiers couverts d'aiguilles acérées déchirent les mains et le visage, mettent en lambeaux les vêtements. Les racines enchevêtrées forment sous les pas des trappes ou des pièges; les Lianes et les Épidendres obstruent l'espace vide entre les arbres; le bras s'épuise vite à les écarter; les couper serait impossible. Qu'importent alors le triple étage de verdure, la majesté des arbres séculaires, la grâce des guirlandes et des draperies semées de fleurs, les pavillons aériens des Fougères arborescentes, les touffes d'Orchidées suspendues à des cordes soyeuses, les harmonies de la lumière, des sons et des couleurs?

Et que sont les serpents, les bêtes fauves, auprès de ces ennemis insaisissables, invisibles, partout présents : une Mouche, un Moustique, l'effluve qui contient la fièvre?

Seul le feu peut triompher de la forêt. Après l'incendie, l'homme sème, sans labourer, le maïs qui mûrit en soixante jours; plante le bananier, qui donne après un an des récoltes indéfinies de fruits nourrissants et savoureux. A la rigueur, cela lui suffit. Mais, pour garder son domaine, il lui faut veiller sans cesse contre l'empiètement de la nature, qui tend à le reprendre. Les générations succombent à cette tâche préliminaire, préparant l'épuration des eaux, du sol, de l'air, qui demandera les efforts continus

des populations civilisées pendant un nombre incalculable de siècles.

## VIII

### Les climats tempérés.

Les limites d'adaptation au climat, au milieu, varient beaucoup pour la plante, l'animal et l'homme. La plante, absolument passive, s'accommode aux difficultés de l'existence causées par les agents extérieurs en simplifiant sa vie. Elle se fait petite pour moins consommer ou pour ne pas quitter l'abri de la terre, elle supprime ce qui n'est pas indispensable à la fonction finale de son existence, la reproduction : tout est sacrifié en faveur de l'ovaire et des graines qu'il renferme.

L'animal possède des ressources plus variées. Il y en a qu'il tire de son initiative ; d'autres résultent, comme pour la plante, de lois dont il n'a pas conscience. La taille change, ainsi que le tempérament, avec le climat, la nature du sol, la qualité des aliments ; le pelage devient plus abondant ou plus rare selon la température constante ou variable du lieu ; la couleur même s'adapte aux circonstances, comme on le voit chez les animaux polaires qui revêtent une livrée blanche. Si la nourriture manque pendant l'hiver, beaucoup d'espèces s'engourdissent dans un refuge bien abrité pour se réveiller au printemps. De plus, les animaux varient leur régime suivant les saisons ; ils émigrent en quête de nourriture. Toutes ces conditions réunies étendent singulièrement

leur domaine et favorisent leur acclimatement naturel, c'est-à-dire celui qui se produit insensiblement, par courtes étapes qui durent chacune un ou plusieurs siècles.)

L'homme est encore plus favorisé. Comme les animaux, il porte en lui-même la faculté physique d'adaptation par acclimatement progressif et séculaire; comme eux, il subit l'influence du milieu dans sa taille, sa forme, son tempérament, sa couleur. Mais bien plus que les animaux il emploie son initiative à lutter contre les difficultés de l'existence matérielle. Le vêtement et la demeure lui permettent de se protéger contre les intempéries; le feu rend habitable une hutte de neige et de glace. Toute nourriture lui convient : viandes et poissons cuits ou crus, mollusques, crustacés, insectes, herbes, graines, fruits, graisse, huile, lait, algues, lichens, écorces; il mange même une terre fossile riche en débris organiques. L'homme est essentiellement omnivore. Joignez à cette qualité le talent de faire des outils, de se procurer du feu, de fabriquer des vêtements, de dresser une tente ou de construire une maison, vous aurez un être naturellement cosmopolite, capable d'habiter tout le monde connu.)

Mais pour que l'*acclimatement*, rendu possible par les facultés d'adaptation, se change en une *naturalisation* complète, il faut qu'il résulte de modifications graduelles, insensibles, transmises par hérédité et enfin fixées après une longue suite de générations. C'est ce dont on n'a pas tenu compte dans les essais de colonisation tentés depuis quelques siècles. On reconnaît aujourd'hui que l'acclimatement immédiat, sans diminution dans la moyenne des décès, dans la durée de la vie et dans le nombre des descendants.

ne réussit que pour des hommes transportés dans un milieu analogue à celui où leur race s'était formée.

Ces remarques nous font comprendre pourquoi l'homme, originaire des climats tempérés ou subtropicaux de l'Asie centrale, a choisi pour patrie de prédilection les pays où se rencontrent les mêmes conditions climatiques, puis ceux qui s'en rapprochent le plus.

Dans les régions polaires, la lutte pour la vie est trop pénible. L'existence se consume à satisfaire les besoins matériels. De nos jours, l'homme ne tente de s'y établir que faute de moyens d'existence dans de moins âpres contrées. Quant aux aborigènes, il est vraisemblable que leurs ancêtres occupèrent ces pays, aujourd'hui glacés, à l'époque où leur climat se rapprochait beaucoup du nôtre.

Aux environs de l'équateur, dans les terres basses, la vie, surexcitée par la chaleur, la lumière, l'électricité, use rapidement les organismes. L'homme ne vit pas vieux. Cependant une fécondité exceptionnelle remplit les vides, chez les populations complètement naturalisées. Là, pas de combat pour la vie. Les vêtements, l'abri sont insignifiants; la nourriture s'offre presque d'elle-même, le travail fatigue; la nonchalance semble l'état normal. Dans ces conditions, l'homme peut être heureux, car ses désirs sont bornés et toujours satisfaits, mais il ne se développe pas au point de vue intellectuel et social comme dans les pays qui jouissent d'un climat tempéré.

Là, stimulé sans cesse par les conditions de son existence, l'homme devient industriel, prévoyant, économe; il aime une vie qu'il doit en partie à lui-même; il s'attache à la famille élevée et protégée

par ses soins de chaque jour ; il fonde des sociétés où se développent ses puissances, où le besoin d'idéal trouve de légitimes satisfactions. Aussi c'est dans les régions tempérées que s'agglomère la grande masse de l'humanité ; c'est entre le 25<sup>e</sup> et le 50<sup>e</sup> parallèle nord que vivent les deux tiers de la population du globe.)

(La terre fait l'homme. C'est pour cela que l'on a dit plaisamment : « Dis-moi ce que tu manges, et je te dirai ce que tu es. » Il existe, en effet, une relation intime entre les produits de la terre, la constitution, le tempérament, les mœurs des habitants. Les races les plus avancées sont celles qui font des céréales et du vin la base de leur nourriture. Aussi quels soins ne prend-on pas pour étendre jusqu'aux limites extrêmes l'aire de culture des céréales et de la vigne ; comme on tire parti des moindres circonstances pour gagner un peu de terrain vers le nord ou sur les pentes des montagnes!

(Grâce à la bienfaisante influence du *Gulf Stream* et des vents du sud-ouest, la culture des céréales s'élève, en Europe, au delà du 70<sup>e</sup> degré dans la péninsule scandinave. Dans l'Asie septentrionale, on ne les trouve pas plus haut que le 60<sup>e</sup> degré pour la partie occidentale ; elles s'arrêtent, pour la partie orientale, vers le 54<sup>e</sup>. Dans l'ouest de l'Amérique du Nord, elles pénètrent jusqu'au 57<sup>e</sup> degré, tandis qu'à l'est leur limite s'arrête au 51<sup>e</sup>. Mais ce n'est point le blé qui mûrit à ces hautes latitudes : l'orge seule se contente de leurs courts étés. Plus bas commencent à prospérer l'avoine, puis le seigle, qui descend jusqu'aux bords de la mer Baltique. Cependant, là où l'avoine et l'orge sont remplacés par le seigle pour l'alimentation de l'homme,

ou continue de les cultiver pour la fabrication de la bière et la nourriture des animaux.

Dans les pays de montagnes, c'est l'altitude qui limite les zones de culture, elles suivent le même ordre qu'en se dirigeant vers le pôle.

La culture du blé remplace promptement celle du seigle dans le nord de l'Allemagne et se généralise dans le centre ; elle domine presque partout dans le sud de l'Écosse, la France, le sud de l'Allemagne, l'Autriche, la Crimée, le Caucase, le nord de l'Afrique et une partie de l'Asie. Les Européens ont introduit leur plante favorite dans le nouveau monde, l'Australie, partout où les circonstances climatiques lui permettent de fructifier : on la trouve sous l'équateur dès que l'altitude des terres compense leur faible latitude.

A mesure que l'on avance vers les régions subtropicales, on voit le Riz, le Maïs, le Sorgho côtoyer le blé, puis le remplacer définitivement.

Si l'homme a choisi les céréales pour base de l'alimentation partout où leur culture est possible, c'est qu'il a reconnu par expérience, comme la chimie démontre aujourd'hui, que la plupart de ces plantes donnent des graines qui, à la rigueur, constituent un aliment complet dans les climats tempérés, si de grandes fatigues n'exigent pas une réparation exceptionnelle. Notons toutefois que le riz est une exception. Il faudrait en manger des quantités énormes pour absorber assez de principes azotés, et alors l'excès d'amidon consommé en pure perte neutraliserait une partie des avantages que produirait la ration suffisante d'azote. Un peuple qui se nourrit presque exclusivement de riz demeure fatalement stationnaire et subit aisément la conquête ; c'est ce qui

explique la situation d'une partie de la Chine et celle de l'Inde, où une population de 250 000 000 d'habitants est maintenue en servitude par 200 000 Européens.)

A quelque point de vue que l'on se place, il suffit d'un peu de réflexion pour comprendre que les climats tempérés sont la patrie naturelle de l'humanité, celle qui lui offre le plus de ressources, lui permet le plus complet développement physique, intellectuel, esthétique, moral et social.)

Habitué à nos richesses, gâté par la nature, privilégié de la création, nous devenons indifférents, blasés, ingrats. Nous rêvons d'autres cieux, d'autres mers, d'autres rivages. L'inconnu nous attire, le nouveau nous charme, l'imprévu nous émeut, l'étrange nous fascine. Nous envions les voyageurs qui nous dépeignent dans l'enthousiasme de la première impression les terres ardentes des tropiques, notre imagination s'exalte, et, contemplant ce paradis de nos rêves, nous sommes tout près de nous croire des déshérités. Eh bien, voici la vérité : la nature tropicale se prête merveilleusement à des décors d'opéra ; mais notre nature tempérée, avec ses alternances, ses changements, ses contrastes, non seulement convient mieux à notre organisation physique, mais satisfait mieux les aspirations qui nous ouvrent les portes de l'idéal.)

La plus grande partie de la zone tempérée était jadis couverte de forêts que l'on ne retrouve plus à l'état primitif si ce n'est dans quelques parties de la Bohême et de la Moravie. Presque toutes les forêts de la Germanie et de la Gaule ont été brûlées ou abattues pour faire place aux cultures. Cependant quelques portions

des parties boisées conservent le caractère imposant et majestueux qui frappait d'admiration, de terreur religieuse, les peuples envahisseurs de ces régions. Rien n'égale, en effet, la majesté d'une antique forêt de chênes et l'austère aspect des vieux sapins, dressant sur le sol aride leurs colonnes régulières aux rameaux éplorés. Nous possédons toutes les essences les plus utiles, et ce n'est guère que pour satisfaire de luxueuses fantaisies que nous demandons aux pays chauds des bois plus colorés, mieux veinés ou plus chatoyants. C'est dans la zone tempérée que prospèrent le Chêne, le Hêtre, l'Érable, le Châtaignier, le Noyer, le Tilleul, l'Aune, le Peuplier, le Saule, le Platane, le Marronnier, l'Olivier, les Épicéas, les Pins, les Sapins, les Cèdres. Aussi quelle variété dans l'aspect de nos forêts et de nos bois!

En pays de plaines, la limite de croissance et de prospérité, pour chaque essence, dépend de deux causes : au nord le froid, au sud la sécheresse. Contre la première, l'homme ne peut rien. Il se borne à semer et planter dans chaque région les essences appropriées à la température. Mais au midi c'est toute autre chose. Dans bien des contrées, c'est le travail inconsidéré de l'homme qui a causé l'aridité dont il souffre actuellement. La destruction des forêts entraîne toujours un changement notable de climat : étés plus chauds, hivers plus froids, automnes et printemps mal définis, moindre quantité de pluies, accumulation torrentielle des eaux qui ravagent au lieu de féconder. Au prix de grands sacrifices et avec désespérante lenteur, on s'occupe de réparer le mal : on gazonne les cimes dénudées, on plante les rives des torrents, on rend à la forêt les terres qui lui appartiennent de droit, on cherche à rétablir l'harmonie

brutalement interrompue par l'ignorance, la barbarie ou la cupidité.

Mais l'homme dispose d'un autre moyen pour modifier la limite méridionale des arbres et des autres végétaux lorsque le manque d'eau empêche seul leur prospérité : c'est l'irrigation. Quand elle sera entrée partout dans la pratique agricole, il n'y aura plus de terres sans arbres dans la zone tempérée.

Dans les montagnes, la flore s'étage de la base au sommet avec quelques variations causées par l'exposition, les vents locaux et quelques autres circonstances particulières. Au nord de la Suisse, le Hêtre s'arrête à 1300 mètres, l'Épicéa ne monte pas plus haut que 1800 mètres, tandis qu'au mont Rose il atteint 2000 mètres sur le versant septentrional et 2270 sur le versant opposé. Plus haut, on ne trouve plus que quelques Pins chétifs, des Rhododendrons, des Saules herbacés, des Genévriers, derniers représentants de la végétation buissonneuse. Cependant la vie continue, malgré le froid ; les Gentianes, les Saxifrages, le Carnillet à fleurs roses s'avancent jusqu'à 3500 mètres ; puis, pour cacher la nudité des roches, s'étend la rouille des Lichens ; la neige elle-même disparaît par places sous la végétation rudimentaire de microscopiques champignons.

Presque tous les animaux que l'homme a rendus domestiques : le bœuf, le cheval, l'âne, le mouton, le porc, la poule, le pigeon, le canard, sont originaires de la zone tempérée. Il semble même que pour faciliter leur multiplication et leur servage la nature en avait réparti différentes espèces dans divers centres des deux mondes. Par contre, l'homme a éloigné de son domaine de prédilection un grand nombre de carnassiers et de reptiles dangereux, et

l'on peut prévoir dans un avenir peu éloigné leur disparition ou leur destruction complète.)

Le même sort attend tous les brigands de l'air, Aigles, Vautours, Milans, Éperviers, ennemis des basses-cours, du gibier et des oiseaux utiles. Par contre, un revirement heureux fera cesser le carnage insensé de nos meilleurs amis, des protecteurs de nos récoltes, Fauvettes, Rossignols, Mésanges, chanteurs incomparables, constructeurs ingénieux, échelleurs infatigables. On commence aussi à rendre justice aux serviteurs méconnus plus humbles, mais non moins utiles : Corbeaux, Chouettes, Chauves-souris, agents d'épuration et de protection à qui nous devons le riant aspect de nos campagnes.

Quelles sont belles en toute saison ! Même lorsque les premiers autans ont effeuillé le manteau pourpré de l'automne, la saison froide, chez nous, ne revêt jamais l'aspect sombre et désolé des régions boréales, le soleil perce souvent les brumes d'hiver, la neige tombe juste assez pour protéger les blés contre des gelées rarement capables d'arrêter le cours des eaux. On sait que l'épreuve sera courte. Le corps se retrempe sous le stimulant d'un froid modéré qui pousse au travail et aux exercices salutaires. Aux premiers souffles des brises attiédies, le printemps accourt, semant des fleurettes parfumées ; tout revit, tout renaît, dans la nature et dans le cœur. Rien ne vaut les rajeunissements, les émotions, les réminiscences, les espoirs, les sourires de notre radieux printemps.

Puis c'est la fête du travail : les foins odorants, les gerbes d'or, les fruits vermeils et les grappes gonflées s'offrent à l'envi tour à tour.

Plus on étudie la nature, mieux on reconnaît

que seuls nos climats sont en parfaite harmonie avec la destination de l'homme, qu'il y trouve providentiellement réunis toutes les conditions de progrès, tous les éléments de la vie heureuse.

## IX

### L'air.

C'est principalement au point de vue de la *dynamique* terrestre, c'est-à-dire de la force mécanique, qu'il nous importe ici de considérer l'atmosphère<sup>1</sup>. Rappelons cependant, en quelques mots, sa nature, sa composition, les résultats de son existence autour du globe.

Après la longue série de réactions chimiques par lesquelles furent produits les corps tels que nous les connaissons, il resta un certain nombre de résidus : les plus importants sont l'eau et l'air. L'eau est une *combinaison* d'hydrogène et d'oxygène, de sorte qu'à la rigueur on pourrait contester qu'elle soit un résidu ; mais l'atmosphère consiste en un simple *mélange* de substances demeurées sans emploi dans la formation de la terre. Est-ce donc un hasard qui a produit ce surplus de matériaux ? Il suffit de réfléchir à sa composition et à son rôle dans l'existence de notre planète, pour rejeter cette idée. Et alors on

1. Pour ce qui concerne spécialement la physique et la chimie de l'air et de l'eau, on peut lire les chapitres qui leur sont consacrés dans nos volumes de la petite bibliothèque illustrée : *La physique des champs*, *La chimie des champs*.

ne peut manquer d'admirer comment des opérations chimiques prolongées pendant des siècles de siècles sur une quantité si grande de substances aient eu pour résultat final de laisser au-dessus de la croûte solide juste assez d'eau et d'air pour développer et entretenir la vie.

On n'est pas encore fixé sur la hauteur de l'atmosphère. Les appréciations les plus plausibles l'évaluent de 20 à 25 lieues en moyenne. Mais il semble probable qu'au-dessus de cette mer gazeuse, dont nous connaissons les couches inférieures, il existe une seconde atmosphère, beaucoup plus légère, qui s'élève à environ 80 lieues. C'est dans cette atmosphère supérieure que s'enflamment, au passage, les étoiles filantes, et que les lueurs polaires prennent leurs teintes irisées.

L'analyse prouve que l'air consiste essentiellement dans le mélange suivant : *oxygène* 79 parties (en poids), *azote* 21 parties, plus 2 à 6 dix-millièmes d'*acide carbonique* et une proportion très variable de vapeur d'eau. Les autres gaz ou vapeurs que l'on trouve presque partout dans l'air ne modifient pas ses propriétés au point de vue qui nous occupe.

Cette composition générale de l'air a varié pendant les périodes géologiques. Une petite proportion de l'oxygène a été absorbée par l'oxydation des métaux superficiels. Quant à l'acide carbonique, nous sommes certains qu'il a été beaucoup plus abondant et que la végétation de la période carbonifère en a fixé, solidifié des quantités énormes, ce qui rendit l'atmosphère propre à la respiration des animaux supérieurs.

Qu'est-ce, en effet, qu'une plante ? De l'air solidifié. Analysez-la, vous y trouverez une énorme pro-

portion de *carbone* retiré de l'*acide carbonique*, un peu d'*azote*, de l'eau et des sels minéraux entraînés dans la sève.

Et qu'est-ce que l'animal, sinon le produit d'une transformation des végétaux ? Ainsi non seulement l'air entretient la vie, mais il devient la substance même de tous les organismes.

A quoi nous sert-il encore ? Sans lui pas de bruits, pas de sons, pas d'harmonies ! un silence de mort régnerait partout ; la voûte du ciel nous semblerait un voile noir pointillé d'étoiles ; pas d'aurores, pas de crépuscule ; notre jour serait comme celui de la lune : les corps, violemment éclairés d'un côté, projetteraient une ombre noire, comme dans l'éclairage par un seul foyer électrique ; un froid glacial régnerait dans toutes les parties sombres.

Lorsque, à travers un interstice, un rayon de soleil pénètre dans une chambre obscure, l'œil suit sa marche lumineuse, et nous croyons que sa clarté lui appartient en propre. C'est une illusion. Le rayon n'éclaire que l'objet qu'il frappe. La traînée lumineuse provient de la poussière dont chaque parcelle réfléchit la lumière qu'elle reçoit. Les parcelles sont si nombreuses, si serrées, que les milliards de facettes réfléchissantes nous paraissent une suite ininterrompue de lumière. Le microscope nous révèle la nature de ces corpuscules sans nombre : on y trouve un peu de tout ce qui existe à la surface de la terre. Eh bien, ce que nous voyons se réaliser en petit, dans un rayon de soleil, s'accomplit dans la masse de l'atmosphère. Chaque particule d'air et de vapeur d'eau réfléchit la lumière du soleil, de sorte que tout l'espace devient lumineux et produit ce que l'on appelle la *lumière diffuse*, qui adoucit les contrastes



Fig. 38. — La conquête de l'air.

et grâce à la *pénombre* donne aux objets leur relief véritable.



Fig. 39. — Poussières de l'air vues au microscope.

1. Fragments de carbonate de chaux. — 2. Charbon. — 3. OEufs (supposés) d'infusoires. — 4. Substance indéterminée. — 5. Organe reproducteur d'un champignon microscopique. — 6, 7. OEufs d'infusoires. — 8. Champignon (*Hematococcus*). — 9. Fragment de végétal microscopique (mucédinée). — 10. Amas de graines (spores) d'un champignon microscopique. — 11, 12. Grains de fécule. — 13. Ecaille d'aile de papillon. — 14. Fibre isolée de coton. — 15. Tube de mucédinée. — 16. Grain de pollen.

L'air est pesant. L'invention du baromètre a démontré qu'au niveau des mers le *poids* de l'air ou la

*pression* qu'il exerce égale le poids d'une couche d'eau épaisse de 10 m. 30, ce qui fait environ 1 kilogramme par centimètre carré.

De même qu'un morceau de liège s'élève dans l'eau où on le plonge, tout corps plus léger que l'air monte, mais seulement jusqu'à ce qu'il rencontre des couches moins denses, car l'air se raréfie à mesure qu'il s'éloigne de la terre. Du gaz *hydrogène* pur, du gaz *hydrogène carboné* ou gaz d'éclairage, plus légers que l'air, ou simplement de l'air dilaté par la chaleur, montent vers les couches supérieures. Enfermez ces gaz dans une enveloppe légère, vous aurez un aérostat, simple et magnifique invention par laquelle l'homme s'élance à la conquête de l'air pour y chercher des documents nouveaux pour l'histoire de la terre.

On dit : « capricieux comme le vent ; » bientôt il faudra retrancher ce proverbe de la *Sagesse des nations*. Rien n'est capricieux dans le monde (sauf les êtres raisonnables), rien n'arrive par *hasard*, dernier argument de l'ignorance et de l'incuriosité. Les vents sont soumis, comme tout le reste, à des lois fixes, d'une remarquable simplicité ; mais la découverte de ces lois est récente ; il reste encore plusieurs points à fixer. Essayons de nous en faire une idée à la fois élémentaire et correcte.

(Au bord de la mer, en été, à mesure que le soleil s'élève sur l'horizon, la terre s'échauffe plus que l'eau ; les couches d'air, se dilatant au-dessus d'elle, montent, tandis que l'air du large, plus froid et par conséquent plus dense, plus lourd, vient prendre sa place : c'est ce qui produit la *brise de mer*. Le soir, la terre perd, par rayonnement, plus de calorique

que l'eau, l'air se refroidit à son contact et, devenu

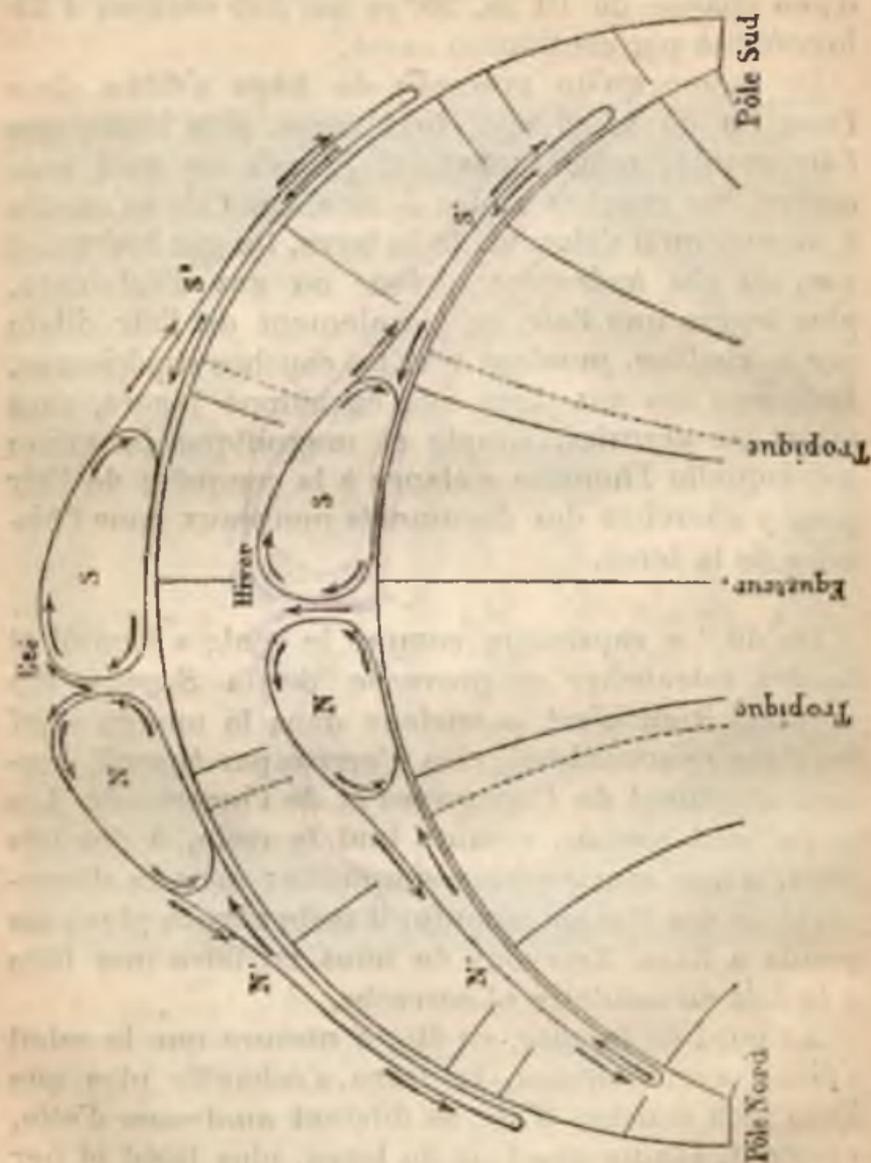


Fig. 40. — Circulation générale de l'air.

N, S. Circuit des vents alizés. — N', S'. Circuit secondaire.

plus pesant, s'écoule sur la mer, dont l'air chaud

s'élève : voilà l'origine de la *brise de terre*. Appliquant le même phénomène non plus à un lieu restreint et à une journée, mais à une vaste étendue de pays et à une saison, nous expliquerons les vents



Fig. 41. — Parcours ordinaire des cyclones.

dits *moussons*, qui soufflent alternativement de terre et de mer pendant des périodes régulières. Généralisons maintenant ces observations particulières.

(Sous l'équateur, l'air fortement échauffé s'élève à une grande hauteur, et des masses froides, plus pe-

santes, glissent des régions tempérées en rasant la surface de la terre, pour combler le vide, le *tirage* énergétique causé par la masse ascendante. Ce courant commence à se faire sentir entre le 40° et le 50° degré de latitude ; il est parfaitement régulier dans les deux hémiphères : c'est ce que l'on appelle vents *alizés*, d'un vieux mot français qui signifie correct, rangé, régulier. Arrivé près de l'équateur, l'alizé s'échauffe, monte à une hauteur de plusieurs kilomètres, puis retombe en deux nappes qui se dirigent vers les régions tempérées en descendant graduellement à mesure qu'elles s'éloignent de l'équateur. On peut considérer ce courant supérieur ou *contre-alizé* comme formant un circuit complet avec l'alizé et la masse ascendante. Cependant une portion du *contre-alizé* ne rentre pas dans le circuit ; elle continue sa marche sous le nom de *courant équatorial*, toujours s'abaissant, jusqu'auprès des pôles. D'autre part, un *courant polaire* rasant complètement la terre se dirige jusqu'à l'équateur et à partir des tropiques se mêle aux *alizés*. De cette façon, la circulation est complète. Remarquons que les courants intertropicaux, l'un ras de terre (alizé), l'autre très élevé (contre-alizé), marchant en sens inverse, ne peuvent se heurter, se confondre lorsqu'il ne survient aucune cause de perturbation. Mais, dans le circuit secondaire, les deux couches animées de mouvements contraires sont très rapprochées. Le moindre changement de température ou de tension électrique, les reliefs du sol, sont autant de causes perturbatrices. Aussi ces deux courants sont-ils sujets à se rencontrer fréquemment, ce qui donne lieu à une foule de courants ou vents secondaires.)

Partant de ces bases, examinons les modifications



Fig. 42. — Trombe marine.

constantes des grands circuits. Notons d'abord que le centre d'appel équatorial se trouve dans notre hémisphère, puis qu'en été il se déplace notablement vers le tropique. Cela cause une oscillation régulière de la limite des alizés.

D'après notre théorie, les courants devraient tous suivre une direction nord-sud.

Nous constatons cependant, dans notre hémisphère, que les alizés soufflent du nord-ouest et le courant équatorial du sud-ouest. Cette perturbation constante et très régulière provient de la rotation de la terre. A l'équateur, la vitesse d'un point quelconque est de 416 lieues à l'heure ; sur le 40<sup>e</sup> degré de latitude, limite extrême des alizés, la vitesse n'est plus que de 319 lieues ; au pôle, elle est nulle. Or l'air qui s'écoule du 40<sup>e</sup> parallèle vers l'équateur, animé d'une vitesse moindre que celle des lieux par où il passe, se trouve à chaque instant *en retard*, et par conséquent sa direction oblique vers l'ouest. D'autre part, le courant équatorial, animé d'une vitesse initiale plus grande que les lieux qu'il traverse, *avance* sur le mouvement de la terre et prend la direction oblique du sud-ouest. Les mêmes raisons produisent des marches opposées dans l'hémisphère austral.

Jusqu'ici, rien de plus régulier, de plus mathématique que la marche des vents. Passons, sans transition, aux extrêmes, à ces perturbations violentes nommées ouragans, tempêtes, typhons, tornados, trombes, selon les pays et les temps. A l'exception des trombes, qui sont des phénomènes distincts, tous les autres noms ont été remplacés par ce terme plus exact : *cyclone*, d'un mot grec qui veut dire cercle. Un cyclone est un *remous*, un *tourbillon* de l'air. Ce tourbillon est toujours produit par la rencontre de

deux courants marchant en sens opposé ou au moins se frappant sous un angle assez oblique. Les cyclones forment ordinairement des anneaux ou tubes de



Fig. 43. — Trombe terrestre.

100 à 120 lieues de diamètre, animés d'un mouvement de rotation de 50 à 60 lieues à l'heure au bord intérieur, tandis qu'au centre même règne un

calme plat. Ils commencent entre le 5<sup>e</sup> et le 10<sup>e</sup> parallèle et prennent, pour notre hémisphère, la direction nord-ouest jusqu'à une certaine latitude, où ils tournent vers le nord-est. Leur marche générale décrit donc une *parabole*. Ceux qui naissent dans l'Atlantique, près des Antilles, longent à distance les côtes d'Haïti, de Cuba, s'approchent du sud des États-Unis, remontent jusque vers New-York et de là prennent le chemin des côtes d'Espagne, de France et d'Angleterre. On comprend que l'anneau tournant ne peut parcourir ce chemin sans dévier à droite et à gauche, sous l'influence des autres mouvements de l'air. Sa vitesse de translation augmente à mesure qu'il se dirige vers l'ouest. Dans l'origine, elle varie de 2 à 9 kilomètres à l'heure; mais elle atteint plus tard de 25 à 35 kilomètres et peut exceptionnellement arriver à 90 kilomètres. Si l'on ajoute à cette vitesse celle de la rotation, on voit que le vent d'un cyclone peut souffler à raison de 75 lieues à l'heure.)

(A mesure qu'il avance, le cyclone s'élargit, il occupe des centaines de lieues en diamètre. En même temps, l'électricité produite par le frottement se disperse, l'anneau se désagrège, et le courant giratoire se perd insensiblement dans les mouvements généraux. Cela s'effectue d'ordinaire entre le 40<sup>e</sup> et le 45<sup>e</sup> parallèle.)

Au lieu d'un immense cyclone, imaginez un petit remous ou tourbillon qui part des régions supérieures, s'électrise pendant sa rotation, s'allonge en cône jusqu'à rencontrer la surface de l'eau ou de la terre, vous aurez une idée exacte des trombes marines et terrestres. Au centre se produit une aspiration énergétique qui pompe les matériaux remués, bouleversés

par la pointe de cet énorme forêt tubulaire. On comprend que ces matières se trouvent parfois transportées par le météore, et, selon qu'il aspire du sable, des cailloux, de l'eau douce ou salée, on voit parfois tomber assez loin des pluies de sable, de pierres, voire même de grenouilles et de poissons, qui causaient jadis des terreurs superstitieuses. Aujourd'hui, la météorologie explique tous ces phénomènes, analyse les trombes et les cyclones, et, formulant les *lois des tempêtes*, permet aux marins de se diriger de manière à éviter leur fureur. Voilà le résultat des études de nos contemporains sur les mouvements de l'atmosphère.

## X

### L'eau.

Nous allons simplement étudier l'eau dans ses relations principales avec la géologie, les climats, la vie sur la terre.

Commençons par l'envisager sous sa forme la moins tangible, la moins matérielle, celle qui échappe le plus facilement à l'observation : le nuage.

Rien de plus variable, de plus capricieux, au premier aspect, que ces vapeurs qui flottent au-dessus de nos têtes en longues bandes, en flocons, en nappes, en masses entassées. Cependant chaque espèce de nuage se comporte d'une certaine façon. Leur constitution intime se devine à leur apparence. On connaît les causes de leur formation, de leurs mouvements, de leur disparition. Le plus souvent, il est facile de prédire les résultats de leur action réci-

proque. Tout cela est du domaine de la météorologie. Ne nous occupons que de ce qui importe le plus à notre sujet.

Les nuages inférieurs, tous ceux qui n'affectent pas la forme de longs fuseaux ou de traînées sinueuses, sont constitués par de très petites *vésicules* dont l'enveloppe, extrêmement mince, est de l'eau à l'état de globules creux. Lorsque la vapeur d'eau prend l'état *vésiculaire*, comme au sortir d'une locomotive, elle forme un nuage. Quand un nuage s'élève à des régions très froides, les vésicules se rompent et se congèlent sous forme de fines aiguilles : tels sont les *cirrus* qui dominent toutes les autres couches nuageuses. Supposons qu'un cirrus glacé passe au-dessus d'un nuage vésiculaire, sans même le toucher, son action réfrigérante suffira pour rompre l'équilibre des vésicules : chacune d'elles formera une gouttelette massive, beaucoup plus dense que la bulle qu'elle entourait ; ces gouttelettes tomberont en se mêlant plus ou moins dans leur chute : telle est l'origine ordinaire des pluies. Si la température des régions basses est inférieure à zéro, les vésicules, en se rompant, ne produisent pas des gouttelettes, mais des cristaux réguliers formés de lames et d'aiguilles : c'est la neige.

Sous forme de nuages, de brouillards, l'eau devient visible dans l'air ; mais elle y existe toujours en quantités considérables à l'état de vapeur invisible. Plus la température est élevée, plus l'air peut dissoudre de vapeur ; quand il en est saturé, le moindre refroidissement suffit pour en condenser une partie. Il suffit donc qu'une couche d'air chaud et humide s'élève un peu dans l'atmosphère pour qu'il s'y forme des nuages par suite du refroidissement.

On sait que la quantité de pluie varie beaucoup à la surface de la terre. En général, elle diminue à mesure qu'on s'éloigne des océans; elle augmente en proportion de la hauteur. Dans quelques districts de l'Inde, les pluies annuelles équivalent à une couche d'eau de 15 mètres, tandis que la moyenne est de 0 m. 50 à Paris, 0 m. 20 à Alger, et seulement de 5 millimètres à Biskra, sur les confins du désert.



Fig. 44. — Cristaux de neige.

On évalue que, pour toute la terre, la moyenne est d'environ 0 m. 50. Mais, dans quelques circonstances exceptionnelles, des masses d'eau prodigieuses s'accumulent sur nos têtes et tombent comme des cascades. Une averse de trente minutes a jeté sur la ville de Toulouse 3000 hectolitres d'eau; à Gênes, il en est tombé 80 000 hectolitres en vingt-quatre heures. Ces chiffres suffisent pour nous faire com-

prendre que l'eau est beaucoup plus abondante dans l'atmosphère qu'on ne le suppose généralement, et que, par son accumulation, elle devient parfois une force mécanique considérable dont il faut tenir compte dans les changements qui s'opèrent à la surface de la terre.

Pour des raisons que nous allons déduire des faits, le plan d'organisation de la terre comprenait la solution de ce problème : étant donnés le globe terrestre et une certaine quantité d'eau réunie dans les parties basses, distribuer le plus également possible une portion de cette eau, sous forme de vapeur, tout en assurant son retour régulier dans les mers.

Vous connaissez l'alambic. A la partie supérieure d'un vase fermé qui contient de l'eau, adaptez un tuyau, faites-le passer dans un vase plein d'eau froide. Chauffez le récipient, des vapeurs s'élèvent, passent dans le tuyau, se condensent au contact de ses parois froides et coulent sous forme liquide. Mais notons ces points importants : il a fallu de la chaleur pour vaporiser l'eau ; après la condensation d'une certaine quantité de vapeur, l'eau du réfrigérant où passe le tuyau se trouve chaude ; donc, en reprenant la forme liquide, l'eau abandonne la chaleur qu'elle avait emmagasinée pour passer à l'état de vapeur.

Nous savons que la chaleur solaire est très inégalement répartie à la surface du globe ; l'équateur est brûlant, les pôles sont glacés. A l'équateur, la mer est comme une chaudière qui dégage des vapeurs abondantes. Ces vapeurs s'élèvent avec l'air chaud et, suivant la direction générale des courants aériens, se dirigent vers les pôles, vastes surfaces ré-

frigérantes, où elles se condensent sous forme de neige, puis de glace. Mais il n'en arrive aux pôles qu'une portion; tout le long de leur voyage, ces vapeurs ont rencontré des régions de plus en plus froides; partout elles se sont condensées, produisant des pluies ou des brouillards; sur les hautes montagnes, elles ont accumulé des neiges et des glaces, comme dans les régions polaires. La répartition de l'eau, première partie du problème, est donc assurée par le simple effet d'une distillation de l'équateur vers les pôles.)

Voyons maintenant de quelle manière s'opère le retour qui complète le circuit, comme dans un appareil à distillation continue.

Vous savez comment les pluies forment les cours d'eau qui finalement se jettent dans la mer. Mais, s'ils étaient alimentés seulement par les eaux pluviales, comme certains torrents, leur lit, desséché pendant une partie de l'année, laisserait par intervalles déborder des flots dévastateurs; leur débit moyen dépend de la fonte des neiges et des glaces, réserves sans cesse renouvelées sur les hautes montagnes, qui assurent la fertilité et le développement de la vie sur les continents.)

Si les neiges s'amoncelaient continuellement aux pôles, la forme de la terre, son équilibre, ses mouvements subiraient des variations correspondantes à cette accumulation de matière. Mais nous avons vu que, si le soleil est impuissant pour fondre les neiges et les glaces polaires, la nature dispose d'un autre moyen pour débarrasser les régions glacées de l'eau qui tend à s'y amonceler indéfiniment. La glace coule lentement, comme une matière visqueuse. Il faut plus d'un siècle pour que la neige des sommets

parvient au pied des glaciers ; mais l'œuvre ne s'interrompt jamais, et, arrivées au niveau des mers, les montagnes de glace se fendent, s'écroulent dans les flots, dont le courant les emporte et les fait fondre dans les régions tièdes. Ainsi s'accomplit, en se fractionnant, la seconde partie du problème : la restitution des eaux à la mer.

Au bienfait des pluies et de l'irrigation régulière des terres se joint un autre avantage trop peu apprécié de cet admirable système de circulation. A mesure que les vapeurs équatoriales se condensent en passant sur les régions tempérées, elles abandonnent à l'air toute leur chaleur de vaporisation. De là un adoucissement très notable de température moyenne. Sans cette chaleur, notre climat serait presque aussi rude que celui de la Sibérie, dans les régions éloignées de la mer, privées de l'influence bienfaisante du courant d'eau chaude (Gulf-Stream) et des vents tièdes qui l'accompagnent.

Le système de cours d'eau et de lacs que nous voyons à la surface se complète dans l'intérieur de la terre par un second système de circulation. Les pluies qui tombent sur les terrains sablonneux, très perméables et sur les roches crevassées des montagnes, se frayent des chemins souterrains, creusent des galeries, des réservoirs, et finalement se déversent dans des fleuves ou dans la mer. La circulation intérieure est beaucoup plus capricieuse que celle de la surface. L'eau, emprisonnée de tous côtés, sollicitée par la pente des couches imperméables, entraîne les matériaux les moins résistants, s'accumule dans les parties fortement agrégées, forme des ruisselets, des nappes, des courants, des puits. Les eaux souterraines produisent, en certains endroits, des af-

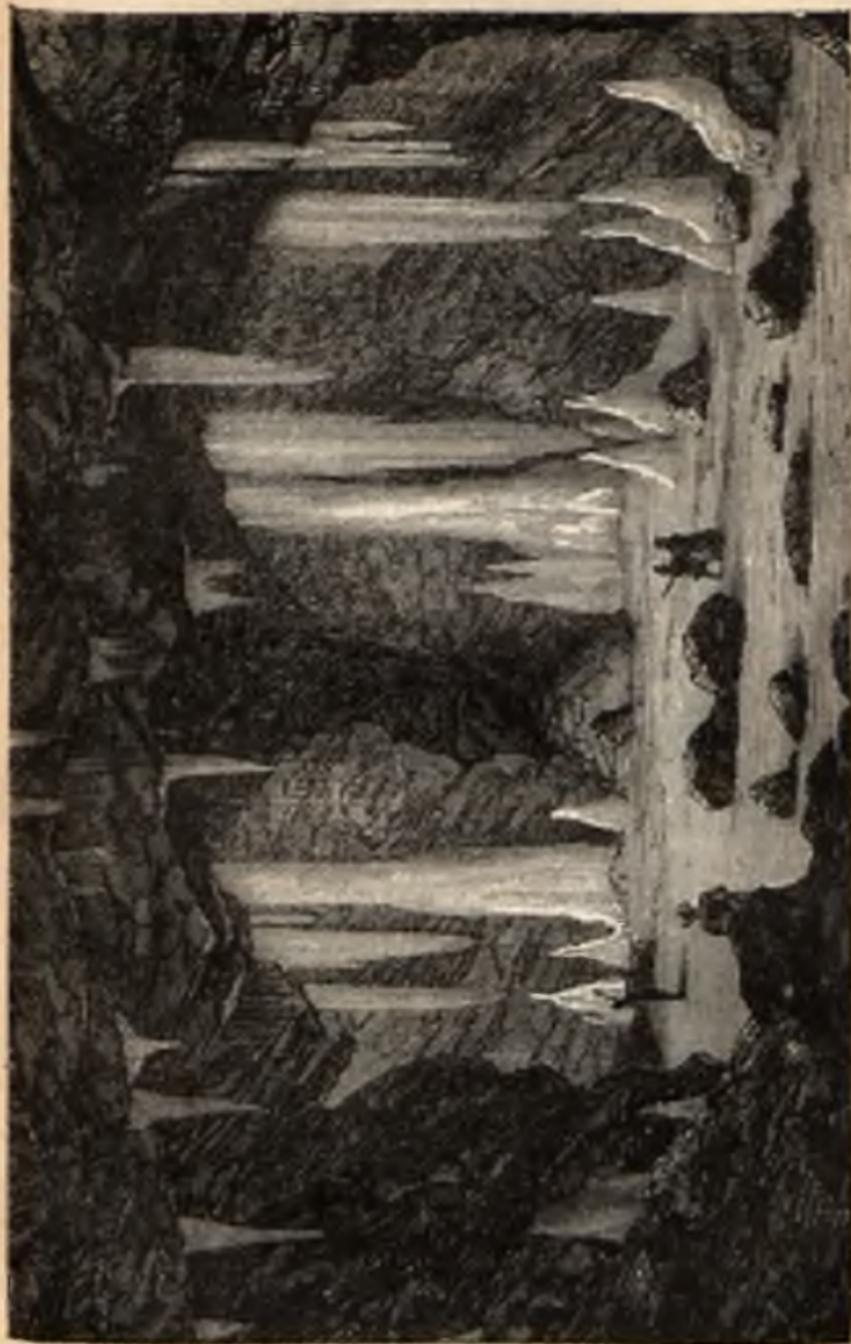


Fig. 45. — Glacière naturelle.

fouillements considérables, qui causent des glissements de terrains, des fentes, des effondrements. Peu à peu, les matériaux éboulés sont emportés par le courant; il reste à la place de l'éboulement un gouffre au fond duquel se révèle le cours d'eau qui l'a formé.

Parfois une rivière souterraine débouche brusquement à la surface du sol; telles sont la Touvre d'Angoulême et la Sorgue de Vaucluse. C'est le travail séculaire de l'eau rongeur, dissolvant les roches calcaires, qui a formé la plupart des grottes; dans quelques-unes, on peut encore assister à ce lent travail d'érosion, que compense, par places, une sorte de reconstruction par des dépôts de *stalactites*. Lorsque la voûte d'une de ces grottes est couverte d'une faible épaisseur de terres poreuses, abritée par des arbres, l'évaporation qui se produit à la surface, au printemps et à l'automne surtout, refroidit suffisamment les roches pour que l'eau d'infiltration se congèle. Telle est l'origine des glaciers naturels assez nombreuses dans le Jura.

Au point de vue purement géologique, la circulation souterraine offre un intérêt tout particulier lorsqu'on étudie les sources minérales, surtout celles qui arrivent à la surface à une haute température. Il suffit d'examiner l'action de ces eaux pour expliquer la formation d'une foule de roches et de terrains. Le calcaire nommé *travertin*, espèce de marbre ou plutôt de tuf, que l'on rencontre en France, en Algérie, et surtout aux environs de Rome, est produit par l'évaporation de l'eau de certaines sources. Depuis les temps historiques, on en a vu se former des couches assez puissantes pour fournir des matériaux de construction.

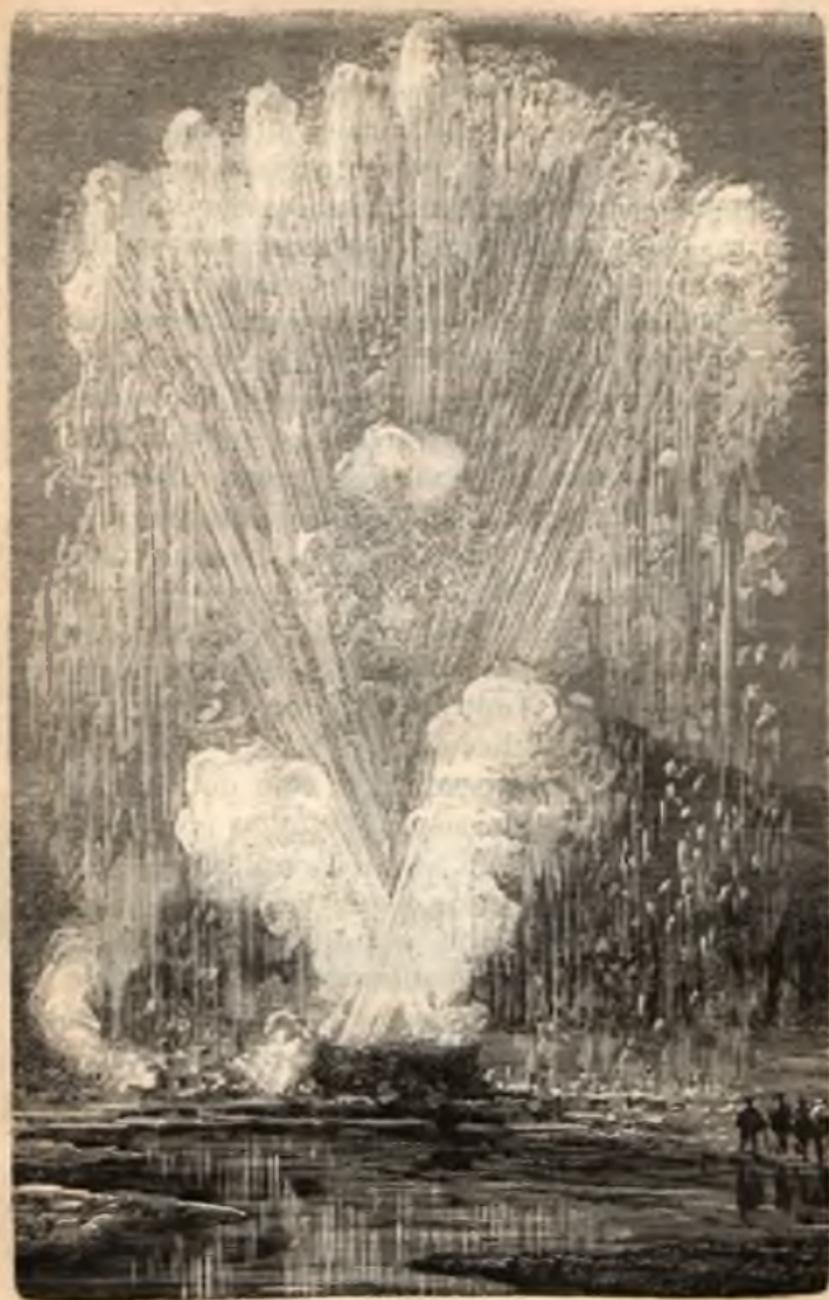
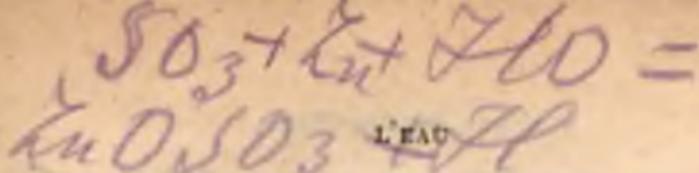


Fig. 46. — Geyser en éventail aux Etats-Unis.

Autour des sources jaillissantes d'eau chaude communes en Islande, en Californie, aux Açores, le sol consiste en couches de pierre calcaire ou siliceuse. Quelques échantillons que l'observateur voit naître sous ses yeux permettent d'assigner une semblable origine à des roches que l'on attribuait autrefois à un travail de fusion, comme la pierre meulière, les agates, les *géodes* de quartz cristallisé. Dans la région des montagnes Rocheuses, où prennent leur source le Yellowstone et le Missouri, le sol est parsemé de ces sources thermales jaillissantes ou *geysers* d'une énergie extraordinaire. L'une d'elles projette une massive colonne d'eau bouillante, qui, à la hauteur de cent pieds, se divise en cinq jets formant une gerbe haute de cinq cents pieds. Non loin de là, deux *geysers* accouplés lancent à perte de vue un éventail poudreux rayé d'arcs-en-ciel. Tout autour s'accumulent des tufs et des concrétions siliceuses.

Tel est, dans son ensemble, le rôle de l'eau sur la terre. Nous aurons l'occasion d'étudier plus spécialement son action comme agent de transports géologiques, comme milieu dans lequel se sont effectués et se continuent des dépôts ou des accumulations de matières. Nous verrons comment l'eau et le feu ont collaboré jadis et continuent à travailler de concert.

Terminons cette première notice en demandant aux chimistes : Qu'est-ce que l'eau? Prenez un flacon à deux cols ou tubulaires, déposez au fond de la grenaille ou des rognures de zinc; traversez le bouchon d'un des cols par un tube à entonnoir qui descende jusqu'au zinc. Un tube partant de l'autre col se recourbe de manière à s'engager dans la partie inférieure d'une éprouvette pleine d'une substance desséchante, le *chlorure de calcium*; à la partie supérieure



de l'éprouvette, adaptez un tube terminé en pointe, et courbez-le de façon à l'engager sous une cloche de verre portée par un pied; versez alors par l'entonnoir un mélange d'eau et d'acide sulfurique. L'eau se décompose : un de ses constituants s'unit au zinc en même temps que l'acide : c'est le gaz oxygène; l'au-

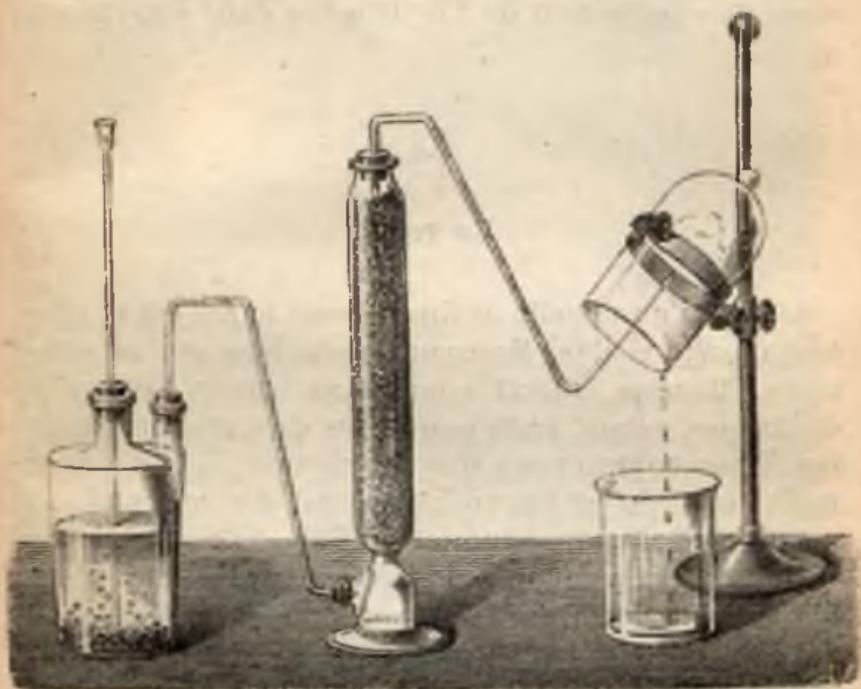


Fig. 47. — Synthèse de l'eau.

tre, le gaz hydrogène, se dégage par le tube effilé. Enflammez-le. Il brûle en s'unissant à l'oxygène de l'air, et de cette union violente résulte la production de vapeurs qui se condensent en eau sur les parois de la cloche. Ainsi, l'eau qui existe sur la terre s'est formée, au commencement, par la combustion de deux masses gazeuses : l'hydrogène et l'oxygène.

L'oxygène en excès a servi, nous le savons, à oxyder des métaux, et le résidu se retrouve dans notre atmosphère. Ainsi les deux éléments qui semblent antipathiques sont susceptibles d'une mutuelle transformation : l'eau est née du feu ; elle ne renferme que les éléments du feu le plus violent que nous connaissons, la combustion de l'hydrogène dans l'oxygène.

## XI

### Le feu.

(Ce que l'on appelle ordinairement le *feu* est la *chaleur* rendue visible. Morceau de charbon qui se consume, flamme, métal chauffé au rouge, étincelle électrique, éclair, voilà pour nous diverses formes de feu. Nous comprenons que la chaleur, à un degré moins élevé, n'est pas visible, c'est-à-dire ne rend pas les objets brillants et lumineux.)

Un boulet de canon qui frappe, sans l'enfoncer, un blindage d'acier, rougit au point de contact. Un *bolide* qui traverse rapidement notre atmosphère s'échauffe, rougit, éclate, lançant une pluie de pierres incandescentes. La chaux vive aspergée d'eau devient brûlante. Un fragment de phosphore, plongé dans du *chlore*, s'enflamme spontanément. Nous déduisons de ces faits que toute action mécanique ou chimique est une source de chaleur.)

Pour ne pas nous écarter de ce qui intéresse spécialement l'histoire de la terre, occupons-nous seulement de la chaleur qui lui vient du soleil et de celle qui lui est propre.

Il nous faut recourir à des artifices pour apprécier d'une façon vraie et simple la quantité de chaleur

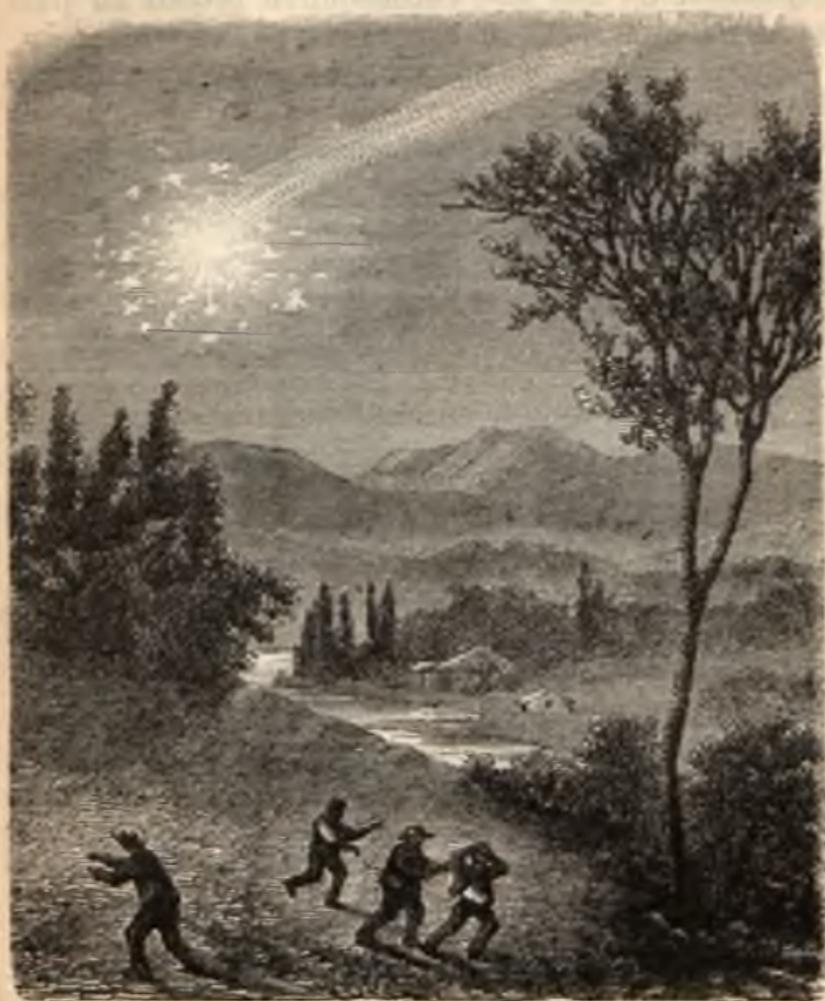


Fig. 48. — Bolide enflammé par le frottement de l'atmosphère.

que le soleil envoie à la terre. Il résulte de calculs exacts que, si cette chaleur était uniformément répar-

tie, elle pourrait fondre chaque année à la surface du globe une couche de glace épaisse de 31 mètres. Et cependant on sait que l'atmosphère retient au passage la moitié de la chaleur émise par le soleil.

Essayons de rendre l'idée encore plus tangible. Dans les climats tempérés, les rayons solaires qui tombent sur un mètre carré de surface y apportent assez de chaleur pour faire bouillir un litre d'eau en moins de dix minutes : c'est à peu près l'équivalent du travail d'un *cheval-vapeur*. Quelle conquête pour l'industrie, lorsqu'on utilisera cette force gratuite, au moins dans les pays où l'atmosphère est presque toujours reine !

Cette chaleur lumineuse est la grande source de vie et de mouvement sur notre planète. Elle pénètre dans le sol jusqu'à une certaine profondeur et sert à y maintenir l'équilibre de température ; elle cause la circulation de l'air et des eaux ; elle entretient l'échange continuel de matière entre les êtres vivants. Si l'eau fait tourner la meule, si le vent gonfle les voiles du navire, si la locomotive dévore l'espace, si la fleur s'épanouit, si l'oiseau chante, si l'homme pense, c'est à cause du soleil ! La terre lui doit tout. L'homme reconnaît instinctivement ses bienfaits avant de les analyser et de les comprendre. Est-il donc étonnant que les peuples, dans leur enfance, aient salué en lui l'Être puissant et propice, sous les formes encore grossières des cultes primitifs ?

Cependant le feu existe aussi sur la terre indépendamment du soleil. Nous reconnaissons son œuvre dans certaines formations géologiques, nous voyons des effets analogues se produire sur une échelle plus restreinte, de sorte que les phénomènes actuels nous expliquent ceux du passé le plus lointain. De plus,

nous trouvons à l'origine des civilisations le culte du feu développé parallèlement à celui du soleil. Chez un grand nombre de peuples, mais surtout chez les Parsis, le feu du foyer était sacré, puis les prêtres furent préposés à la garde d'un feu symbolique ;



Fig. 49. — Feux naturels du temple de Bakou.

enfin on considéra comme divins les feux naturels qui sortaient de la terre.

(Il n'y a guère de pays où certaines parties du sol ne laissent échapper des gaz ou des vapeurs inflammables : *hydrogène carboné*, *naphte* ou composés analogues. Une fois allumés, ces jets de gaz naturel continuent de brûler indéfiniment.) En Chine, on les

utilise depuis la plus haute antiquité. Sur plusieurs points des États-Unis, on canalise le gaz naturel pour l'éclairage des villes.

Les prêtres parsis, adorateurs du feu, élevaient des temples dans les endroits où ils découvraient un jet de gaz inflammable, et le peuple attribuait à des puissances surnaturelles l'entretien du feu allumé sur l'autel. Aujourd'hui encore, grâce à la protection de la Russie, quelques Parsis continuent les traditions de leurs pères aux environs de Bakou, vers l'extrémité sud-est de la chaîne du Caucase.

Les volcans, non moins mystérieux et plus grandioses dans leurs manifestations, furent aussi l'objet de superstitions religieuses. Leur culte fut celui de la terreur; on leur sacrifia des victimes humaines.

Aujourd'hui, nous étudions de sang-froid tous ces phénomènes, nous expliquons la formation des feux naturels, nous cherchons la cause des volcans. Mais, chose étrange, à mesure que l'on étudie ces feux souterrains, on rencontre des difficultés nouvelles. Il y a peu de temps encore, tout le monde semblait du même avis. On disait : La terre ne s'est refroidie qu'à la surface, tout le reste est incandescent, les volcans sont les soupiroux du feu central.

Rien de plus simple, au premier abord, que cette explication. Acceptons-la provisoirement, et rendons-nous compte de la *théorie du feu central*.

Si l'on descend un thermomètre dans un puits de mine, on constate que la température augmente d'environ un degré par 30 mètres. L'eau de certaines sources arrive chaude et même bouillante à la surface de la terre, ce qui fait supposer qu'elles ont circulé à une profondeur d'au moins 3 kilomètres. L'eau des puits artésiens, dont on connaît la profondeur,

confirme également la règle. Il suffirait donc de creuser un puits de 3 kilomètres pour atteindre une couche où la température moyenne est de 100 degrés.



Fig. 50. — Paysans italiens engloutis dans des crevasses pendant un tremblement de terre.

On arrive ainsi à calculer que la croûte refroidie du globe n'a guère que 120 à 180 kilomètres d'épaisseur : plus bas tout doit être liquéfié, fondu. Malheu-

reusement, les sondages les plus profonds ne dépassent pas un kilomètre, de sorte que l'on n'est pas certain de l'accroissement régulier de température au-dessous de cette profondeur. De plus, des hommes également compétents estiment de 40 à 1 500 kilomètres l'épaisseur de la couche solidifiée sur le feu central. Il y a donc encore beaucoup à faire pour éclaircir ces questions. Ce qu'il y a de certain, c'est que toute la chaleur qui existe à la surface de la terre provient du soleil, sauf *un trentième* de degré, que l'on peut attribuer au feu intérieur.)

(Le diamètre de la terre étant de 3 000 lieues, si l'on admet l'épaisseur de 40 kilomètres pour la partie solidifiée, cette partie ne forme qu'une pellicule superficielle, comparable à une mince feuille de papier enveloppant une sphère liquide ou pâteuse d'un mètre de largeur. Cette pellicule se rétrécit insensiblement à mesure que le refroidissement continue : de là des plissements, des fissures. Les matières incandescentes, soumises, comme les mers de la surface, à l'attraction de la lune, se heurtent, lors des grandes marées, contre les parois solides ; des masses à demi refroidies se détachent, s'effondrent ; ces commotions intérieures se traduisent à la surface par les tremblements de terre.)

On a cru pendant longtemps que ces violentes oscillations du sol, dont les vibrations se propagent à de grandes distances, étaient intimement liées aux phénomènes volcaniques. Pour ceux qui admettent l'hypothèse du feu central, il semble, en effet, que la pression des gaz et des vapeurs emprisonnés sous l'écorce terrestre produise des soubresauts lorsque le cratère d'un volcan ne vient pas leur offrir une issue. Dans ce cas, le tremblement de terre ne serait qu'une érup-



Fig. 51. — Tremblement de terre.

tion entravée. Des observations nombreuses, faites sur tous les points du globe depuis un certain nombre d'années, permettent cependant de croire qu'il n'y a pas de relation nécessaire entre ces deux ordres de phénomènes. Les secousses sont plus fréquentes dans les pays de montagnes que dans les pays de plaines; mais les fortes oscillations se font sentir dans les contrées les plus diverses, loin des volcans ou dans leur voisinage. Or, si l'on admettait que les tremblements de terre fussent des éruptions entravées, ils devraient être rares, surtout dans le voisinage des volcans, qui sont des soupapes de sûreté du feu central, si l'on admet son existence.

Il est vrai que les éruptions volcaniques sont souvent accompagnées de secousses du sol, mais ce n'est pas une conséquence de l'éruption proprement dite. Beaucoup d'éruptions se passent sans secousses, sans mouvements du sol. On explique d'ailleurs les secousses qui les accompagnent souvent par des effondrements souterrains et l'ouverture de crevasses. De plus, les ébranlements volcaniques sont peu étendus, tandis que ceux des vrais tremblements de terre se propagent d'ordinaire sur de vastes contrées.

Un fait digne de remarque, c'est l'instantanéité des tremblements de terre. Celui qui détruisit San-Salvador, en 1854, ne dura que dix secondes. Celui de Lisbonne dura près de cinq minutes, mais la ville fut démolie dès les premières oscillations, en moins de cinq secondes. La même commotion renversa une partie d'Oporto, fit crouler des monuments à Cadix et dans la plupart des villes du Maroc; on la ressentit à Angoulême et à Cognac, c'est-à-dire à une distance de 1800 kilomètres, de sorte que l'on évalue la superficie du sol ébranlé par la vague

terrestre de Lisbonne à 3 millions de kilomètres carrés.

Dans l'état actuel de la science, on doit admettre deux classes de tremblements de terre. Les uns proviennent d'effondrements souterrains causés par le retrait des roches et des terres, ainsi que par l'action des eaux souterraines. Les autres ont pour cause la pression et l'éruption de matières chauffées contenues dans le sol ou des affaissements consécutifs à ces éruptions. Peut-être faudrait-il y ajouter une autre classe de commotions sous l'influence des astres et admettre que l'attraction lunaire affecte la terre, même si on la suppose entièrement solide, car la structure de son enveloppe, prise en masse, est certainement élastique.

Mais, en admettant que certains tremblements de terre résultent de l'action de gaz ou de feux souterrains, nous n'entendons pas produire un argument en faveur du feu central. Celui-ci est tout autre chose, pour ceux qui croient à son existence : c'est le noyau même de la terre demeuré à l'état incandescent. Cette fournaise de roches et de métaux fondus menace sans cesse de briser sa mince enveloppe, et cette catastrophe n'est empêchée que par le jeu régulier des soupapes de sûreté qu'on appelle volcans.

Voyons donc si l'étude des volcans nous permet de résoudre la question du feu central.

La nature et l'importance des éruptions sont très variables. Quelquefois le cratère ressemble à une immense cheminée d'usine au-dessus de laquelle des gaz s'enflamment au milieu de la fumée. Souvent des torrents de boue précèdent ou accompagnent les jets de matières incandescentes. En certaines occasions, le ciel est obscurci par des nuages de cendres et une

grêle de petites pierres poncees. Les laves rouges et fumantes débordent lentement comme d'une chaudière en ébullition; elles roulent sur le sol en ruisseaux, en torrents, en cascades de feu. Considéré au point de vue local, le phénomène est grandiose et terrible. Mais une forte éruption fournit au plus 1000 mètres cubes de lave, quantité insignifiante comparée à la masse supposée liquide au centre de la terre.

Contrairement à l'opinion générale, ce qui sort le plus d'un volcan, ce n'est ni de la lave, ni des cendres, ni de la fumée, mais de l'eau à l'état de vapeur. Les laves mêmes, les *basaltes* vomis par les cratères, ne sont fluides ou visqueux que grâce à l'interposition d'une grande quantité de vapeur d'eau. Ces matières cessent de couler bien avant d'être refroidies, à mesure que la vapeur se dégage. C'est par suite d'un dessèchement très lent que les coulées de basalte prennent souvent la disposition prismatique.

Il est à remarquer que la plupart des volcans se trouvent dans le voisinage de la mer. Eh bien, ceux qu'on a le mieux étudiés émettent justement, avec une certaine quantité de sel, les substances qui proviennent de la décomposition de l'eau de mer à une haute température. On est forcé d'admettre que les infiltrations d'eau de mer jouent un rôle important dans les éruptions. Les volcans éteints qui se trouvent dans l'intérieur des continents appartenaient autrefois au littoral des mers. Il existe cependant quelques volcans actifs assez éloignés de la mer. Ceux-là reçoivent des infiltrations d'eaux douces; aussi les matières qu'ils rejettent sont différentes. Un grand nombre de volcans ne vomissent d'ailleurs que des boues mêlées de pierres et de débris de terrains in-

férieurs. Autour des anciens volcans, ces boues se sont durcies pour former des *tufs* et d'autres pierres dont on reconnaît facilement l'origine. L'eau des vol-



Fig. 52. — Eruption de l'Étna.

cans ne provient pas de décompositions produites au centre de la terre, car on y retrouve des animalcules marins, des plantes et des poissons en abondance.

Ainsi les sources thermales, les *geysers*, les *salses* ou volcans de boue, et les volcans qui émettent alternativement de la vapeur, de la boue et des laves rendues pâteuses par la vapeur, appartiennent à la même famille. Reste à savoir quelles sont les causes locales de l'accroissement de température dans l'intérieur de la terre.

Jusqu'à présent, on est réduit aux hypothèses. Mais l'étude des laves ne permet pas d'admettre qu'elles proviennent d'un même réservoir. En outre, les volcans les plus rapprochés, ceux qui semblent former un *système géologique*, n'offrent aucune coïncidence dans leurs éruptions.

Rien ne *prouve* l'existence du feu central. Des faits importants font supposer que les phénomènes volcaniques sont purement locaux et prennent leur origine à une faible distance de la surface, estimée de 20 à 25 kilomètres pour les volcans les plus élevés. Mais alors d'où provient le feu intérieur, celui qui chauffe les couches profondes et forme, par places, des sortes de lacs incandescents, source des éruptions de toute sorte? Nul ne le sait. Cependant on a trouvé dans le sein de la terre de vastes amas de substances combustibles : lignite, houille, anthracite, soufre, bitume, naphte, cire minérale, etc., etc. De plus, des substances minérales, comme le sulfure de fer, s'échauffent et s'enflamment en présence de l'eau. Voulez-vous faire un volcan en miniature? Rien de plus facile. Creusez un trou dans la terre, versez-y un mélange de soufre en poudre fine et de limaille de fer, arrosez avec de l'eau, recouvrez de terre et de gazon. Au bout de quelque temps, vous verrez sortir de la vapeur. Donnez accès à l'air, et le volcan s'enflammera.

Cet exemple ne suffit certainement pas pour expliquer la formation des volcans; mais tous les arguments que nous avons groupés sont de nature à faire douter de l'existence du feu central. Nous aurons lieu de revenir sur cette question en étudiant l'origine des montagnes.

## XII

### Les montagnes.

Reportons-nous aux temps où la terre procédait, par *retrait*, par refroidissement et par dessèchement, à se former une croûte solide. Imaginons à la surface une masse visqueuse, une pâte chaude mêlée de vapeurs, sans cesse boursouflée, remuée et comme pétrie, soumise d'ailleurs à des sortes de marées sous l'influence de l'attraction de la lune et du soleil. Cette période de viscosité dut être fort longue. La solidification opéra un certain rétrécissement des couches supérieures : de là des plis, des rides qui se formèrent aux points les moins résistants. Ces plis constituèrent les premières inégalités régulières : ce furent les linéaments des chaînes de montagnes les plus anciennes, tandis que de simples boursoufflements constituaient les noyaux de systèmes isolés.

Les plissements, les boursouffures se nivelèrent en quelques points, tandis qu'en d'autres ils s'accroissaient sous l'influence des mêmes causes. Il n'y avait point alors d'*éruptions* de matières incandescentes; les volcans ne commencèrent à se former que bien plus tard, pendant la période tertiaire. Cependant on doit

admettre que des pressions de gaz et de vapeurs favorisèrent la formation des plis et des boursouflures de cette matière pâteuse, granit ou roches analogues, qui formèrent la première enveloppe solide du globe. On sait d'ailleurs, aujourd'hui, que ces roches n'ont jamais atteint, pendant leur formation définitive, une température supérieure à 400 ou 500 degrés; leur structure s'oppose à l'idée de *fusion* qui dominait autrefois dans la géologie de la période primitive.

On peut supposer que les premiers terrains de sédiment formés par les eaux douces et salées reposaient sur des couches encore vacillantes, qui cédaient aisément aux causes de perturbations que nous venons de signaler. Ces forces agirent tantôt sur les points déjà soulevés, pour les élever davantage, tantôt sur d'autres dont la résistance se trouvait moindre. Il y eut donc une série de dépôts et de soulèvements. L'étude des terrains le met hors de doute et permet, en outre, de connaître l'âge relatif des montagnes. C'est ainsi que l'on a prouvé que les Alpes sont de formation postérieure au Jura et que les Cordillères sont plus jeunes que les Alpes.

De même que, de nos jours, les mêmes causes, très affaiblies, produisent dans le sol des fentes, des crevasses; les montagnes anciennes et les terrains contemporains furent fendillés, fissurés, et à travers ces ouvertures pénétrèrent des matériaux encore pâteux que nous retrouvons à l'état de *filons* pierreux ou métalliques. En quelques endroits, la matière des filons s'épancha sur les terrains de sédiment, qui se trouvèrent enveloppés de roches analogues aux couches primitives. Ailleurs, des dépôts pierreux formés par les eaux minérales, des accumulations de laves et autres matières volcaniques viennent compliquer

l'étude des terrains, ou bien des soulèvements, des éboulements secondaires ont disloqué et retourné toutes les couches. Mais le géologue peut souvent

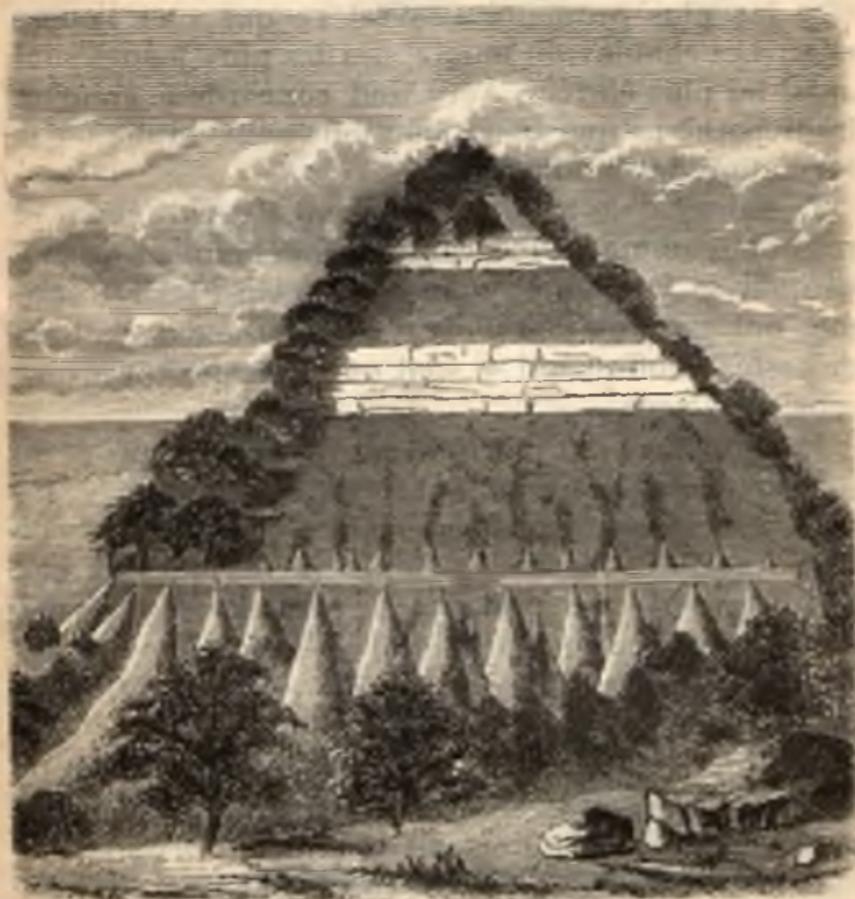


Fig. 53. — Couches d'une montagne mises à nu par les eaux.  
(Mont de la Pyramide, aux États-Unis.)

étudier, comme à livre ouvert, la formation des montagnes. Ainsi le mont de la Pyramide, aux États-Unis, artistement dégradé par les eaux, porte écrite sur ses flancs toute son histoire.

A mesure que la croûte du globe s'épaissit, les plissements ou rides produits par le retrait des matières qui la composent s'exercèrent sur des masses plus considérables. Les rides les plus récentes doivent donc être les plus prononcées. C'est ce qui a eu lieu en effet. Les chaînes de montagnes les plus jeunes sont aussi les plus élevées. Ainsi tout concorde à appuyer les hypothèses que nous émettons pour expliquer la formation des montagnes.

Ce retrait d'un astre même complètement éteint et refroidi, comme la lune, continue indéfiniment jusqu'à ce qu'il se fendille et se morcelle. Ainsi les astronomes ont reconnu récemment à la surface de la lune de vastes gouffres qui se sont ouverts pour ainsi dire sous leurs yeux.

Rapprochons des phénomènes de plissements et de soulèvements locaux qui ont formé les montagnes, les soulèvements et les affaissements qui affectent de vastes surfaces depuis les temps historiques et que l'on mesure de nos jours avec le plus grand soin ; des causes analogues ont produit dans tous les temps ces changements de niveau qui nous expliquent tant de faits importants pour l'histoire de la terre.

La croûte terrestre que nous nous plaisons à prendre pour type de la solidité n'a jamais suspendu les mouvements oscillatoires qui, depuis son origine, ont tant de fois changé le lit des mers. Les traditions légendaires en ont conservé le souvenir ; la science moderne les enregistre pour en chercher la loi.

Toute la côte du Chili s'est élevée depuis le commencement de ce siècle. La Norwège subit depuis longtemps vers le nord un exhaussement progressif dont le maximum se remarque au fond du golfe de Botnie. Là, le sol s'élève d'environ 4 m. 60 par siècle.

Par contre, la pointe terminale s'est enfoncée de 1 m. 50 depuis les observations de Linné. Au large se trouvent des forêts immergées d'où l'on a retiré des objets de métal datant du ix<sup>e</sup> siècle. Dans la partie septentrionale, on trouve, jusqu'à 200 mètres au-dessus de l'eau, des amas de coquilles marines. Au pied des falaises se rencontre un corail qui n'a pu vivre à moins de 300 mètres de profondeur. Ces faits prouvent que le mouvement actuel dure depuis fort longtemps; presque tout le nord de l'Europe, notamment la Russie et la Sibérie sont également animées d'un mouvement d'ascension. En France, depuis les temps historiques, les côtes des Landes se sont notablement abaissées. Au phare de Cordouan, l'enfoncement annuel est d'environ 30 centimètres. Guérande, Le Croisic, les Sables-d'Olonne offrent, au contraire, des traces évidentes de soulèvement. Sur le littoral de Bretagne et de Normandie, des forêts submergées prouvent l'abaissement du terrain; des villes romaines ont disparu dans la mer. La vallée de la Somme s'affaisse lentement, ainsi qu'une portion des Flandres et de la Hollande. Ces exemples suffisent pour nous prouver que les forces géologiques qui ont présidé à la formation de la surface terrestre agissent encore de nos jours, et que ces forces se révèlent plutôt par une action lente et continue que par des révolutions, des cataclysmes, comme on le croyait autrefois.)

Si l'on admet le *retrait* graduel de l'écorce terrestre et l'existence de matières à une haute température réparties sous cette écorce, — sans former toute la masse centrale, — (on explique facilement la formation des montagnes anciennes et récentes par les phénomènes de plissement, d'échauffement et de soulèvement qui se continuent de nos jours et que nous

constatons par les changements de niveau du sol, les tremblements de terre, les fissures, les éruptions volcaniques de gaz, d'eau, de boue ou de lave.

Quant aux montagnes volcaniques proprement dites, elles sont rarement dues à un soulèvement notable du sol. A l'origine, l'éruption commence à la surface, sans exhaussement. Mais les matériaux, s'accumulant, s'entassant autour du cratère, constituent peu à peu une montagne artificielle. Lorsque se forma le Jorullo, au Mexique, en 1759, les Indiens seuls témoins du phénomène racontèrent que le sol s'était soulevé tout à coup comme une montagne d'où jaillirent de la fumée et du feu. Mais l'examen du terrain a prouvé que le sol n'avait pas changé de niveau et que la montagne nouvelle consistait en un vaste amas de cendres, de boues, de scories et de laves. Telle est l'histoire de Monte-Nuovo de Pouzzoles et de toutes les montagnes volcaniques modernes.

Des montagnes volcaniques du même genre se forment fréquemment dans la mer. Ainsi s'explique l'apparition d'îles nouvelles. En 1831, non loin des côtes de Sicile, après quelques secousses de tremblements de terre, on vit la mer bouillonner et se couvrir de poissons morts. Bientôt des vapeurs s'élevèrent en colonne jusqu'à 2000 pieds de hauteur; puis des cendres, des pierres tombèrent pendant plusieurs jours. Enfin on vit se dessiner au-dessus des eaux un bourrelet de matières meubles qui s'éleva jusqu'à 200 pieds. A peine assez refroidie pour permettre d'y aborder, l'île fut visitée par des savants et des curieux. Plusieurs gouvernements s'en disputèrent la possession mais survint la mer, qui en peu de mois mina et déblaya toutes les matières meubles du sol en litige. L'île Julia disparut comme toutes celles

d'origine analogue et ne sert qu'à confirmer les données de la géologie.

Si l'on considère les montagnes au seul point de vue de l'harmonie terrestre il semble que l'on ne puisse faire aucune objection sérieuse au mode de formation que nous avons étudié. Que sont, en effet, ces rides, ces inégalités de surface, par rapport à la masse de la terre. Ce n'est pas aux rugosités d'une orange qu'il faut les comparer, sous peine d'une énorme exagération. Pour représenter assez exactement les aspérités de notre globe, il faudrait, sur une sphère de 6 pieds de diamètre, saupoudrer du sable dont les gros grains ne dépasseraient pas un demi-millimètre.

Et cependant ces grains de sable, imperceptibles à la surface de cette sphère, qu'ils sont grands, importants et solennels, quand nous les comparons à nous-mêmes et à nos œuvres ! Le tableau suivant des plus hautes montagnes peut nous en donner une idée :

	Mètres.
Europe...	{ Le mont Rose..... 4636
	{ Le mont Blanc..... 4815
Océanie...	Le Mownna-Rosa, volcan (île Sand- wich)..... 4838
Afrique...	{ Le mont Woso (Ethiopie)..... 5060
	{ Le Kilimanjaro..... 6096
Amérique.	{ Le Sorota (Bolivie)..... 6487
	{ Le Chimborazo (rép. de l'Équateur). 6530
	{ Le Sahama (Pérou)..... 6812
	{ L'Acocaga (Chili)..... 6834
	{ Le Choomalari (Thibet), Himalaya... 7298
Asie.....	{ Le Juwahir (Kemaou), Himalaya.... 7824
	{ Le Dhaulagiri (Népal), Himalaya.... 8176
	{ Le Kauchinjiuga (Sikkin), Himalaya. 8582
	{ Le Gaurisankar ou mont Everest, Hi- malaya..... 8840

De hardis explorateurs peuvent braver tous les dangers des ascensions, précipices, avalanches, murailles de roc ou de glace, neiges mobiles, le froid et même la rareté d'un air devenu irrespirable, pour atteindre ces sommets jadis réputés inaccessibles. Mais l'homme ne peut y vivre, tous sont déserts. Seul le vautour plane sur leurs solitudes. Le plus haut lieu habité en Europe est l'hospice du grand Saint-Bernard, à 2474 mètres. Il existe, au Thibet, un cloître bouddhiste à 5039 mètres. En Amérique, on trouve à 4382 mètres la maison de poste d'Apo (Pérou); à 4173 mètres, le village de Tacora (Pérou), et, à 4161 mètres, la ville de Cajamarca (Bolivie). Quito, capitale de l'Équateur, est à 2908 mètres.

Dans quelques centaines ou dans quelques milliers de siècles, lorsqu'on mesurera la hauteur des plus célèbres montagnes, les chiffres ne s'accorderont pas avec ceux d'aujourd'hui. Les changements de niveau des continents auront soulevé et abaissé les éminences par rapport au niveau de la mer qui sert de base. Mais on constatera, en outre, un abaissement général par rapport aux vallées et aux plaines environnantes. Ce résultat, facile à prévoir, sera causé par l'usure des montagnes. Tous les éléments concourent à leur destruction. Le roc le plus dur ne résiste pas à leur action lente mais continue. Le vent, la chaleur, la pluie, la neige, l'eau qui se glace, le ruisseau qui se forme, travailleurs infatigables, usent, émiettent, fendent, entraînent les pierres. Les torrents creusent de profondes tranchées; les glaciers, fleuves solides, emportent dans leur cours d'énormes quartiers de roc. Les eaux souterraines creusent des galeries, des cavernes. La montagne, assaillie de tous côtés, minée dans ses profondeurs, se désagrège à la surface,

s'éboule dans les ravins, se disloque et s'effondre dans les points qui manquent d'appui. Tantôt un bloc se détache, tantôt s'ouvre un abîme, tantôt un pan incliné glisse avec la forêt qui le couvre.

A la place des plus hautes montagnes, il ne restera que des collines et des plateaux. Il en résultera un changement complet dans la marche du vent, la quantité de pluie, le régime des eaux, le climat de chaque région. Les montagnes avaient une mission à remplir : la formation des vallées. Elles la terminent de nos jours. Plus tard, leurs matériaux dispersés recevront une destination nouvelle, en harmonie avec l'évolution de notre planète. Ainsi se continuent sans interruption, sans changements soudains, avec une lenteur qui nous étonne et une durée incompréhensible, les périodes géologiques dont le cycle se lie d'une façon providentielle à l'ensemble de la création.

### XIII

#### **Les vallées.**

Les vallées sont filles des montagnes. A l'origine, les plissements du sol qui formèrent le relief des monts se succédaient, dans chaque massif ou chaque chaîne, sans intervalles de parties planes; les pentes voisines ou opposées se touchaient par la base; entre elles, l'espace avait la forme d'un coin plus ou moins aigu. On retrouve en partie cette disposition dans quelques régions des Andes où il ne pleut presque jamais.

Depuis lors, les traits primitifs des plis de terrain se sont modifiés de diverses manières. L'eau a creusé le sol entre les pentes, ouvert des communications entre des profondeurs séparées par des éminences, régularisé les déclivités, accumulé des matériaux qui forment, sous le nom d'*alluvions*, le sol actuel des vallées.

Ce que nous savons des glaciers nous permet d'apprécier la part qui leur revient dans ce gigantesque travail. La neige qui s'amoncelle sans cesse sur les points élevés des massifs se tasse, devient compacte, se change en glace solide qui remplit toutes les dépressions; ces masses de glace se meuvent lentement vers les parties déclives; leur poids, la dilatation causée par les rayons du soleil, les font glisser à la manière des fleuves. Une fois engagé entre deux montagnes, le courant s'avance irrésistiblement. Il entame, use et polit les roches, creuse et élargit son lit, renverse tout ce qui lui barre le passage.

En même temps, il transporte à sa surface les rochers éboulés, les débris détachés des flancs de la montagne : ce sont les *moraines* ou amas pierreux qu'il abandonne en partie sur ses rives pendant sa période de croissance et dont la meilleure part s'entasse à l'extrémité de sa course, arrêtée par les chaleurs de l'été. Alors le flot de glace se change en ruisseaux, en torrents qui continuent son œuvre.

Les glaciers actuels sont insignifiants, comparés à ceux qui ont sculpté les grandes vallées aux époques dites *glaciaires*. Ainsi le glacier du Rhône, qui occupe seulement aujourd'hui une gorge du Valais, s'étendait jadis du mont Rose jusqu'aux plaines de la Suisse; une couche de glace épaisse de 300 mètres recouvrait l'endroit où l'on a construit la ville de

Lyon. Des Alpes, un immense courant de glace remplissait toute la vallée de Suse et descendait jusqu'à Rivoli.

Ce furent donc les glaces qui remodelèrent, pour la première fois, le relief produit par les plis de l'écorce terrestre. Elles accomplirent un travail d'ensemble, laissant aux eaux le soin de finir les détails, puis d'apporter la fertilité dans les vastes bassins qu'elles avaient déblayés. Étudions l'œuvre de l'eau.

Les ruisselets produits par la fonte des glaces, les eaux de pluie qui ont lavé les pentes, se rejoignent

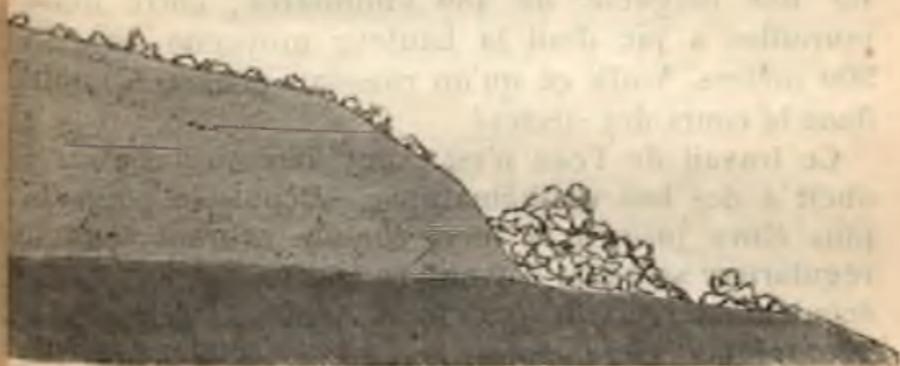


Fig. 54. — Moraine d'un glacier (coupe idéale).

dans un pli de terrain, réunissent leurs forces et travaillent de concert à leur tâche toujours inachevée. Resserrées entre des roches dures, elles concentrent leur effort, creusent un lit profond, escarpé, aux sinuosités abruptes, dont les angles saillants et rentrants se correspondent. Dans les régions calcaires, l'allure est plus aisée : le lit s'élargit en bassins, se rétrécit pour s'élargir de nouveau. La résistance des matériaux contrarie souvent le *rythme* pour ainsi dire théorique. Si les terrains friables ou peu résistants se

trouvent traversés par une muraille de pierre dure, les eaux s'étalent en lac, rongent au loin leurs rivages, jusqu'à ce qu'elles trouvent une issue ou parviennent à percer l'obstacle. Quelquefois ce n'est pas une simple barrière de roche, mais un chaînon de montagne que l'eau démolit miette à miette pour se frayer un chemin : témoin ces défilés auxquels on a donné les noms de *clus*, de *postes*, de *canons*. Chez nous, les clus du Var, du Tarn, du Lot, sont d'étroites entailles hautes de plusieurs centaines de mètres. Le grand canon du Colorado serpente, large de 30 à 60 mètres, sur une longueur de 480 kilomètres, entre deux murailles à pic dont la hauteur moyenne dépasse 900 mètres. Voilà ce qu'un ruisseau peut accomplir dans le cours des siècles !

Ce travail de l'eau n'est point livré au hasard : il obéit à des lois mathématiques. Depuis le point le plus élevé jusqu'à la mer, chaque courant tend à régulariser sa pente suivant la courbe du plus facile écoulement. Autant que le permettent les assises géologiques, l'eau creuse les points où la pente est faible et remblaye ceux où elle est trop forte. Dans les régions montagneuses, c'est-à-dire dans son *cours supérieur*, l'eau est entraînée rapidement par la pente générale du terrain ; mais, une fois dans la plaine, la rivière, enrichie par de nombreux tributaires, poursuit normalement son *cours moyen* jusqu'aux dernières collines qui lui envoient des affluents. En aval de ce point commence le *cours inférieur*, qui descend lentement vers la mer.

Lorsqu'un lac se trouve sur le passage d'un cours d'eau, le courant comble la partie supérieure avec les débris arrachés aux montagnes ou à ses rives, puis à la partie inférieure use le rebord du bassin, de

manière à faciliter l'écoulement des eaux et à baisser le niveau général. Au bout d'un certain temps, le lac disparaît, et le cours d'eau, parfaitement raccordé, continue sa route au milieu de la plaine qu'il a formée. Ainsi le Danube a conquis son individualité en détruisant les lacs devenus plus tard les plaines d'Autriche, de Hongrie et de Valachie.

Le même travail d'érosion nivelle lentement les rapides et les cataractes. La chute du Niagara recule chaque année d'environ 30 centimètres. On peut calculer l'époque où le bras de la rive américaine aura disparu, puis celle où la chute se fera au sortir du lac Erié. Enfin, l'analogie nous permet de prédire que le lac lui-même disparaîtra, qu'il ne restera de son lit actuel qu'une bande étroite empruntée par le fleuve pour continuer sa course.

Comme tous les agents de la nature, les fleuves ne détruisent que pour reconstruire. Ils usent leurs îles de rochers pour en former un peu plus loin des îles sablonneuses; ils démolissent un côté de leurs rives pour enrichir le côté opposé. Si rien ne s'opposait à leur marche, ils se dirigeraient en ligne droite vers la mer; mais, dès que le courant rencontre un obstacle, il rebondit, suivant la loi des corps élastiques, *c'est-à-dire formant un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence*; toutefois l'impulsion et la pente du lit modifient cette direction, et le fleuve décrit, en réalité, une *parabole* jusqu'à la rive opposée. Là, le même phénomène se reproduit et l'oblige à décrire une autre courbe semblable. Une fois dévié, il doit fatalement poursuivre son cours en une suite de méandres égaux. Si cela n'arrive pas ainsi, c'est que d'autres obstacles viennent modifier cette marche mathématique. Chaque détour amoindrit la pente et

retarde la vitesse du courant, ce qui augmente proportionnellement la masse et la profondeur des eaux. Ainsi ces courbes accentuées qui semblent si préjudiciables à la navigation lui rendent un grand service. Au temps de *l'âge de la pierre*, le cours de la Seine de Paris au Havre était de 227 kilomètres ; aujourd'hui, l'agrandissement continu des sinuosités lui donne un développement de 365 kilomètres. C'est grâce à cet allongement du parcours que ce fleuve, peu considérable, est navigable dans une si grande étendue.

A mesure qu'un fleuve augmente l'amplitude de ses méandres, il empiète d'un côté sur des terrains nouveaux et abandonne l'équivalent du côté opposé. Cela seul est une cause de changement de lit continu. Il faut y ajouter l'érosion plus ou moins facile des berges, et surtout une autre cause générale, l'entraînement produit par la rotation de la terre. Ceci mérite de nous arrêter un instant.

La vitesse de rotation du globe, nulle aux pôles, est de 450 mètres par seconde à l'équateur. Tout corps mobile, courant d'air, fleuve, boulet de canon, qui va du pôle à l'équateur, avec une direction initiale parallèle aux méridiens, reste en arrière du mouvement terrestre ; il retarde sur ce mouvement, puisqu'il était animé d'une vitesse moindre que celle des points qu'il parcourt ; par conséquent, il dévie vers l'occident, qui est à sa droite dans notre hémisphère, à sa gauche dans l'hémisphère austral. D'après cette théorie, les fleuves de notre hémisphère qui se dirigent du pôle vers l'équateur doivent se trouver refoulés vers leur rive droite. Obéissant à cette loi, le Gange a reculé de 8 kilomètres depuis les temps historiques ; l'Indus a déplacé son delta de plus de

1000 kilomètres ; le Nil, abandonnant son ancien

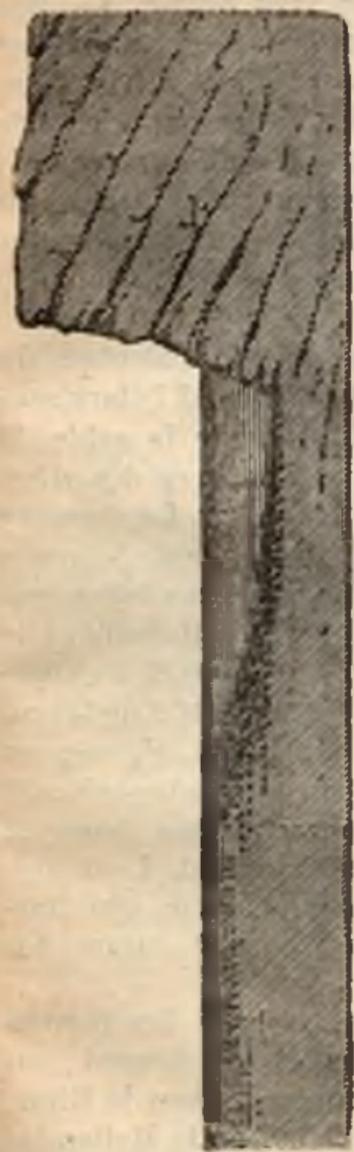


Fig. 55. — Rive droite et rive gauche. Usure produite par la rotation terrestre.

Vagues de la mer



Fig. 56. — Formation de la barre d'un fleuve.

lit dans le désert de Lybie, s'est porté du côté de

la chaîne arabique. Le Tage, la Gironde, la Loire, l'Elbe rongent sans cesse leur rive droite. Le Danube, le Volga offrent des exemples non moins remarquables. C'est ainsi que la rotation de la terre intervient dans la formation des vallées et dirige le travail des fleuves. On comprend d'ailleurs que la nature ou l'inclinaison du terrain empêchent certains fleuves d'obéir à cette loi; c'est ce qui arrive pour ceux qui tombent des montagnes Rocheuses dans le golfe du Mexique.

Arrivées à la mer, les eaux douces, ralenties de plus en plus par le manque de pente et l'élargissement de l'embouchure, laissent tomber le sable, la fange qu'elles charrient : telle est la source des *atterrissements*, des *barres* de sable, des *deltas*. La manière dont se forment les barres, si gênantes pour la navigation, est assez curieuse. L'eau douce ne laisse pas tomber directement ses *troubles* à l'embouchure; elle continue sa route au-dessus de l'eau salée et ne commence à se clarifier qu'à une assez grande distance. Mais les matières pesantes, au lieu de se déposer au fond de la mer, sont reprises par un contre-courant d'eau salée qui passe sous le courant d'eau douce et reportées en amont, où elles s'accumulent. Leur présence arrête d'ailleurs les sables plus lourds qui roulent au fond du fleuve et qui viennent augmenter l'épaisseur de la barre.

Les matières déposées à l'embouchure des fleuves allongent peu à peu les vallées et constituent, en certains endroits, de vastes territoires. Ainsi le Rhin, l'Escaut et la Meuse ont formé le sol de la Hollande. L'immense delta ou triangle du Nil est un atterrissement du fleuve. Celui du Rhône fait dans la mer une saillie plus prononcée que le delta du Nil. Au

iv<sup>e</sup> siècle, Arles était à 26 kilomètres de la mer ; elle en est aujourd'hui distante de 48 kilomètres. La tour



Fig. 57. — Delta du Rhône.

de Tignaux, élevée en 1737 sur la côte, est aujourd'hui éloignée de 1600 mètres.

(A mesure qu'ils prolongent leurs vallées dans la mer, les fleuves exhausent insensiblement leur lit, de sorte qu'à l'époque des crues les eaux minent les



Fig. 58. — Un fleuve d'Amérique pendant la crue.

berges, produisent des éboulements de terres et de rochers, entraînent des arbres qui s'enchevêtrent et parfois finissent par former de véritables barrages, comme cela se voit sur plusieurs cours d'eau des États-Unis. En même temps, les inondations s'étendent sur une vaste surface, les troubles de l'eau se déposent et ajoutent une nouvelle couche au sol de la vallée ; c'est ainsi que toute la vallée du Nil s'exhausse de 9 centimètres par siècle. A Calcutta, les dépôts du Gange ont au moins 150 mètres d'épaisseur.

Ainsi, de quelque façon que l'on étudie leur formation, on peut dire que les vallées sont un présent des fleuves. Poursuivant l'œuvre des glaciers, ils usent, renversent et entraînent les parties saillantes, comblent les lacs, minent les collines pour élargir leur domaine. Quand le terrain est déblayé, ils le labourent et l'égalisent en le sillonnant de leurs méandres toujours changeants. Puis, pour rendre fertiles les terres ainsi remuées, ils y déposent des lits de gravier, de sable et enfin de limon tout imprégné de vie éteinte prête à renaître sous une forme plus brillante.

## XIV

### Les plaines et les déserts.

Lorsque l'on étudie le relief général du globe, on constate que la moitié des régions continentales se compose d'anciens lits de mers qui s'élèvent en pentes douces, en terrasses, ou s'affaissent au-dessous du

niveau actuel des océans. A part l'uniformité relative de la surface, ces plaines diffèrent d'aspect selon la constitution géologique du sol, les vents régnants, les extrêmes de température et surtout selon la quantité d'eau que leur fournissent les pluies, les eaux de la surface et celles qui circulent à une faible profondeur.)

Dans quelques régions, on pourrait croire que la mer s'est retirée tout récemment, laissant sur le sol une couche de sable aride, chargé de sel, dont les vagues mouvantes et la monotone solitude rappellent les flots et l'horizon de l'Océan. Ailleurs, le sédiment marin s'est durci, fendillé ; sa surface raboteuse ondule en collines irrégulières, dont quelques plantes rustiques s'efforcent de cacher la nudité. Quelquefois la plaine change d'aspect comme par magie : tout était desséché, mort, rasé ; mais survient une pluie bienfaisante, et des souches de végétaux vivaces sort en quelques jours un tapis de verdure semé de fleurs. Ici s'étend à perte de vue un gazon court et rude ; là de hautes herbes se pressent en riches pâturages ; plus loin, la forêt a conquis le sol ; sur d'autres points, les eaux sans drainage imbibent d'immenses contrées où les tourbières alternent avec les marécages.

A quelque catégorie qu'une plaine appartienne, son caractère principal est l'uniformité. Les forces naturelles s'y exercent librement, régulièrement et dans des conditions similaires, faciles à prévoir pour chaque région.

Les plaines sillonnées de cours d'eau sont devenues les grands centres d'action de l'humanité, le théâtre de ses travaux, de ses guerres, de ses progrès. A mesure que l'eau devient rare, la vie no-

made des peuples pasteurs remplace forcément l'existence sédentaire des populations agricoles et industrielles. Si les pluies, les cours d'eau, les nappes souterraines manquent à la fois, quels que soient d'ailleurs le climat et le continent, la plaine s'appelle désert. Constatons avec tristesse que l'ignorance, la cupidité, la barbarie des hommes ont transformé en déserts des contrées jadis fertiles, en détruisant les forêts, source d'humidité pour l'atmosphère et pour le sol ; mais reconnaissons aussi que l'industrie humaine conquiert des espaces naturellement stériles. Tel est notre petit désert de France qui s'appelle les landes de Gascogne.

Le plateau des Landes s'étend sur près d'un million d'hectares ; sa hauteur moyenne est de 50 à 60 mètres. Presque partout, le sol est si plat que les rails de chemin de fer forment, à fleur de terre, un ruban de niveau à perte de vue. Sous une mince couche de sable grisâtre s'étend un fond de sables agglutinés légèrement ferrugineux, l'*alios*, qui s'oppose à l'écoulement des eaux pluviales. De là proviennent les vastes nappes d'eau qui interrompent les *brandes* de bruyères, d'ajoncs et de genêts. C'est pour traverser facilement ces espaces submergés que les pâtres marchent sur des échasses hautes de plus d'un mètre. Aujourd'hui, des travaux de drainage et des plantations de pins sur une grande échelle transforment rapidement ce pays où l'instruction pénètre avec l'aisance. Les mêmes changements progressent dans les landes de la Sologne et dans celles de la Brenne, où s'élevait jadis une forêt de 500 000 hectares. De même, la Campine belge disparaît sous les efforts intelligents des agriculteurs. La Hollande continue de mettre en culture les

landes qui naguère formaient la moitié de son territoire et s'étendaient sur tout le nord de l'Allemagne. Dans toute cette région, les plaines de sable alternent avec de vastes tourbières, surfaces spongieuses qui semblent un feutre de petites plantes enchevêtrées. La formation actuelle de la tourbe, produite par les débris de ces végétaux, nous explique comment se sont entassées les couches de *lignite*, de *houille*, d'*anthracite* que l'on exploite comme combustibles.

Au lieu de landes et de tourbières, la Hongrie et la Russie centrale possèdent de grandes *steppes* herbeuses que le printemps diapre de fleurs. Ce sont les lits d'anciens lacs ou des terres remaniées et fertilisées par des fleuves. Une portion est cultivée, le reste est livré aux troupeaux. Dans les *terres noires* de la Russie centrale, site d'un ancien lac beaucoup plus grand que la France, la terre végétale, formée pendant des milliers d'années par la végétation herbacée, offre une épaisseur de 1 à 20 mètres. Ce sera plus tard un immense champ de blé.

Par contre, presque toute la dépression dont la mer Caspienne occupe le centre, et qui se trouve audessous du niveau de l'Océan, conserve l'aridité d'une mer récemment desséchée.

Entre la Sibérie et la Chine, sur un espace de 3000 kilomètres, le voyageur parcourt un pays de plaines où les steppes alternent avec les déserts. Le dernier, le plus vaste, c'est le Gobi, le désert par excellence, où l'on voit seulement cinq arbres sur une largeur de 800 kilomètres. Dans ce désert de Mongolie, les dunes mouvantes, les tourbillons de sable, le mirage, rappellent le Sahara africain; mais l'altitude des plateaux et le voisinage de la Sibérie

rendent le climat fort rude en toute saison. Pendant l'hiver, des tourmentes de neiges mettent en péril les caravanes.

C'est en Afrique que se trouve le groupe de déserts le plus considérable. L'ensemble du Sahara, de l'Atlantique à la vallée du Nil, avec une largeur



Fig. 59. — Les landes de Gascogne.

moyenne de 1000 kilomètres, égale en superficie les deux tiers de l'Europe. Il n'y a qu'une saison dans cette zone : l'été brûlant, sans nuages, sans rosée. Rarement un peu de pluie tombe sur le sol desséché pour s'évaporer aussitôt. Le niveau est très variable. Les *chotts* situés au nord de l'Algérie, ancien lit d'une mer qui communiquait autrefois avec la Médi-

terranée, sont encore au-dessous de son niveau actuel ; tandis qu'au sud et à l'est le terrain s'élève en terrasses et en montagnes dont le massif sépare le Sahara proprement dit du Sahel, qui comprend les déserts de l'ouest.

( La nature du sol varie singulièrement. On foule des graviers agglomérés, des ocres, des argiles, des roches nues. La surface est tourmentée par des ondulations, des crevasses. Même dans les régions à surface dure, les plis de terrain sont souvent remplis de sable fin accumulé par les vents, véritables pièges où disparaissent soudain les hommes et les animaux. Dans le Sahel, les vents alizés poussent régulièrement vers le sud-ouest de vastes dunes de sable.

( On appelle *simoun*, poison, le vent qui, deux fois par an, à l'époque des équinoxes, passe brûlant et chargé de sable sur le désert pendant vingt-cinq jours. A son approche, les oiseaux fuient, le dromadaire cherche un abri pour sa tête, l'Arabe s'enduit le corps de graisse ou de boue humide, se couvre la face et se blottit entre les bêtes de somme. On dit que l'armée de Cambyse, en marche contre les Ammoniens, périt tout entière sous ce vent meurtrier. En 1805, il étouffa et ensevelit une caravane de 2000 personnes et 1800 chameaux.

Tel est l'ensemble du grand désert africain. Mais partout où passe un torrent, jaillit une source, glisse une nappe souterraine, la vie reprend ses droits, l'oasis tranche par sa verdure sur le fond aride du paysage. Les oasis occupent environ le tiers de la superficie du Sahara. Il y en a des centaines, dont quelques-unes renferment deux ou trois cent mille dattiers. Grâce à leur échelonnement dans une direction assez uniforme, les caravanes traversent le désert par



Fig. 60. — Lever de soleil au désert de Gobi.

étapes sans souffrances excessives, lorsqu'elles ne sont pas assaillies par le simoun.

(L'Égypte entière est une grande oasis. Au delà, le désert recommence, contourne la mer Rouge, s'étend sur l'Arabie et se dirige obliquement à travers le continent asiatique.)

Transportons-nous sur le continent américain. Nous allons retrouver les mêmes causes produisant des effets analogues. Cependant l'Amérique, moins large que l'Afrique et l'Asie, plus exposée aux vents humides de la mer, n'offre qu'un petit nombre de contrées aussi désolées que les déserts de l'ancien monde. Les plaines y occupent des étendues immenses, mais la plupart sont sillonnées de cours d'eau qui entretiennent la fraîcheur dans les riches terres d'alluvions. La plus grande partie des terres basses sont couvertes de puissantes forêts qui alternent avec des *savanes* herbeuses.)

Dans le continent du sud, nous trouvons, de la Terre de Feu jusqu'au Rio-Colorado, l'immense steppe de la Patagonie couverte d'une végétation maigre et épincuse, entrecoupée d'eau saumâtre et de lacs salés. Le terrain s'élève ainsi jusqu'au pied des Andes, à peine rafraîchi par des pluies passagères, balayé par des vents secs et persistants. Au delà du Rio-Colorado commencent les *pampas*, privées de cours d'eau, mais où la végétation herbacée est entretenue par les pluies. Là, le sol est nivelé comme la surface d'un lac. Au delà des pampas s'étend une région de fondrières et de marécages. Les pampas argentines, si célèbres pour leurs troupeaux, couvrent un espace de 1 300 000 kilomètres carrés entre le Brésil et la Patagonie.

La seule contrée qui rappelle le Sahara est le désert d'Atacama, entre les Andes et la mer. En certains endroits, l'illusion est complète. Même ciel toujours pur, même soleil ardent, même sable qui brûle les pieds et réfléchit en même temps la lumière et la chaleur. Pour que rien ne manque au tableau, des ossements desséchés de bêtes de somme mortes à la peine ont été alignés par les muletiers, comme pour jalonner la route : des vautours s'abattent en troupes sur les dernières victimes dont les restes vont grossir ces funèbres témoins de la rigueur du climat.

Les plaines ou *llanos* du Venezuela et de la Nouvelle-Grenade occupent une superficie égale à celle de la France. Ce sont des pâturages où errent librement les chevaux et les bœufs. Après les pluies, le pays se couvre d'une végétation luxuriante, les fleurs naissent de tous côtés, puis le sol se dessèche lentement, les herbes se fanent, les animaux meurent par centaines, presque toute la plaine ressemble à un désert, jusqu'à ce que la saison suivante ramène la fraîcheur et la vie.

L'Amérique septentrionale, entre les montagnes Rocheuses et les monts Alléghanies, n'est pour ainsi dire qu'une vaste plaine depuis l'océan Arctique jusqu'au golfe du Mexique. On y retrouve tous les types. Les terrains plats et desséchés du Texas et de l'Arkansas offrent les caractères du plateau asiatique ; les *prairies* de l'Ohio, de l'Indiana, rappellent les terres noires de Russie, tandis que les plaines du nord ont l'aspect morne des *toundras* glacées. Les vrais déserts, occupant de vastes espaces, entrecoupés de régions fertiles, s'étendent à l'est vers les bassins de la Rivière-Rouge et de l'Arkansas, au sud dans la Sonora et le pays d'alentour.

Aux États-Unis, le désert d'Utah, bassin desséché d'une mer intérieure, présente une surface d'argile stérile, fissurée, parsemée d'efflorescences salines. Le désert du Colorado, dans le golfe de Californie, offre un mélange également infertile d'argile et de sable.

Nulla part on ne trouve rien qui ressemble au désert de l'État de Nébraska vers les sources du Missouri. Il a reçu le nom de *mauvaises terres*. Le sol, ancien bassin d'un lac, est formé d'une argile tantôt blanche, tantôt rouge, tantôt jaunâtre, partout extrêmement dure. En certains endroits, l'horizon semble borné par une ville gigantesque à demi ruinée. On voit des forts, des dômes, des minarets, des tours, des palais, dessiner sur le ciel leurs silhouettes fantastiques. Le relief saisissant de cette étrange architecture complète l'illusion. On dirait une merveilleuse cité de géants que le temps n'a pu détruire. A mesure que l'on approche, on passe entre des murailles, des colonnes hautes de deux cents à deux cent cinquante pieds, dont quelques-unes supportent comme un reste d'entablement. Des monticules sculptés comme des tours à étages, des massifs crénelés alternent avec des aiguilles isolées et des monceaux d'informes débris. C'est l'eau qui a jadis fouillé, sculpté cette argile et lui a donné cette magique apparence. Partout le sol est jonché d'ossements, les uns pétrifiés, les autres dans un état parfait de conservation; ce sont des restes de rhinocéros, d'éléphant, de mastodonte, des carapaces de tortues. Nulle part ailleurs on ne trouve ainsi, dans son état vierge, un terrain dont les fossiles sont peut-être contemporains des premiers habitants du pays.

Cette nomenclature de plaines est un peu mono-

tone et aride, comme les terrains dont elle s'occupe ; mais nous avons besoin de les passer rapidement en revue pour apprécier leur importance dans l'éco-



Fig. 61. — La vallée des Mauvaises-Terres, aux États-Unis.

nomie du globe, et aussi pour rectifier bien des données fausses qui ont généralement cours, sur la foi de voyageurs fantaisistes. Dans notre étude de la terre, nous devons tenir surtout à la vérité.

## XV

**Les océans.**

Il semble, au premier abord, que l'étendue des mers, si vaste comparée à celle des continents, soit un espace perdu pour l'humanité, un désert improductif, une barrière entre les peuples, qu'il y aurait tout avantage à réduire ou à supprimer. Pour asseoir notre jugement, demandons aux océans leurs secrets, cherchons à préciser leur rôle dans l'organisation matérielle du globe et dans le développement de la vie.

L'étude des océans est encore bien incomplète ; cependant les nécessités de la navigation, la pose des câbles télégraphiques, les recherches poursuivies, de nos jours, avec toutes les ressources de la science, ont établi un nombre suffisant de faits pour dissiper les erreurs d'autrefois et rattacher, dans son ensemble, l'histoire des mers à celle des continents.

Nous savons que la masse des eaux est constamment distillée par le soleil ; que les vapeurs formées à leur surface, transportées par les courants aériens, se condensent aux pôles et sur les hauts sommets. L'eau de condensation, pluie, neige ou glace, est sensiblement pure ; elle ne contient qu'une petite quantité de matières dissoutes dans l'air et des poussières entraînées mécaniquement. Mais, pendant son retour à la mer, cette eau lave les terres, se charge de détritns et dissout les matières solubles. Celles-ci, s'accumulant dans la mer depuis les premiers temps

de la terre, ont donné à ses eaux une composition particulière : en moyenne, 1000 grammes d'eau de mer contiennent 34 grammes de sels divers, dont le sel commun (chlorure de sodium) forme plus de trois quarts. Dans les lacs à écoulement, l'eau se maintient douce ; mais dans ceux qui sont fermés et dans les mers intérieures, la mer Caspienne, la mer Morte, la mer d'Aral, les eaux deviennent chaque jour plus salées. Si les cours d'eau qui s'y jettent disparaissent, l'évaporation dessèche le lac ou la mer intérieure, et son lit se trouve changé en une mine de sel : telle est l'origine des vastes amas de *sel gemme* que l'on exploite comme des carrières. Si l'océan Atlantique se desséchait de la sorte, le sel y formerait une couche épaisse de 70 mètres en moyenne.

Le degré de salure varie suivant les régions. Sous l'équateur, l'évaporation rapide concentre l'eau de mer à la surface, tandis qu'aux pôles et près de l'embouchure des grands fleuves la fonte des glaces et l'affluence des eaux douces diminuent la proportion de sel.

L'eau des océans est ordinairement bleue ou verte, mais sa couleur change selon la nature des matières inertes, en suspension, la couleur du fond, la présence d'animalcules, de frai de poissons ou d'algues microscopiques. En certains endroits, la teinte devient laiteuse ; ailleurs, elle est rouge ou vermeille. La mer Rouge doit sa couleur à une algue infiniment petite (*Trichodesmie*) ; la mer vermeille est colorée par des myriades de crustacés. Pendant les nuits chaudes, la crête des vagues s'illumine de lueurs phosphorescentes, des gerbes d'étincelles jaillissent à la proue des navires ; la rame qui fend le flot, le poisson qui s'ébat à la surface se revêtent de clartés scintillantes. La cause

de cette illumination est un animalcule, sorte de globule de gelée transparente, nommé *Noctiluque* ; un centimètre cube d'eau en contient jusqu'à 8000. En certains endroits, on navigue sur une mer de méduses, autre forme d'agglomération gélatineuse, qui se nourrissent de *diatomées*, végétaux microscopiques à squelette siliceux dont les débris accumulés forment de puissantes assises au fond des mers. En d'autres parages, ce sont les *foraminifères*, invisibles coquillages, qui élèvent peu à peu le fond de l'Océan. Un gramme de sable en contient plus de 10 000. Ces infiniment petits, premières ébauches de la vie à son apparition sur la terre, sont des constructeurs de continents. Leur tâche continue sans interruption et prépare de nouvelles périodes géologiques.

D'autres ouvriers plus robustes, au lieu d'entasser seulement leurs dépouilles, bâtissent des phalanstères qui deviennent peu à peu des récifs, puis des îles ; ce sont les *polypes* du corail, frêles petites fleurs vivantes, qui s'assimilent la chaux de la mer pour l'employer à leur patiente architecture. Dans l'océan Pacifique, les bancs de corail ou îles madréporiques occupent une superficie de 50 000 kilomètres carrés. Autour de la Nouvelle-Calédonie, ils ont bâti une enceinte de récifs de 600 kilomètres ; ils dressent, au nord-est de l'Australie, une barrière deux fois plus étendue. Les polypes commencent leur travail sur un exhaussement volcanique du fond de la mer, ils lui donnent une forme à peu près annulaire ; mais l'action des vagues, brisant continuellement les rameaux les plus frêles du sommet, remplit bientôt l'espace resté libre au centre, de sorte que l'île se trouve complétée. Peu de temps après, elle se couvre de végétation, et l'homme l'annexe à son domaine. En certains parages, ces

îles, sans cesse augmentées à leur circonférence, se rejoignent, de sorte que l'on peut prévoir l'époque où de nouvelles terres, véritables continents, occuperont les grands vides de l'océan Indien et du Pacifique.)

Tel est, depuis le commencement du monde, le



Fig. 62. — Polypes du corail grossis.

rôle des infiniment petits. Tandis que des algues, des diatomées, des foraminifères, des polypes digéraient la silice et la chaux pour combler des mers et construire des îles, les vagues usaient les côtes, fabriquaient ici un sable fin destiné à devenir du grès, là une argile pure que le temps a changée en ardoise.

Tout ce travail se poursuit de nos jours. La superficie de la terre est née de l'Océan, c'est lui qui préside à ses continuelles transformations.

Pour accomplir sa destination dans l'harmonie terrestre, la mer ne devait pas être un foyer immobile de vie. Il lui fallait participer, par le mouvement, à la circulation de la matière. Aussi le repos lui est inconnu. Toutefois l'agitation superficielle que le vent cause à sa surface est insignifiante, si l'on considère que les plus hautes vagues atteignent 18 à 20 mètres de hauteur pendant les tempêtes, et alors c'est à peine si elles font osciller les couches situées à 125 ou 150 mètres de profondeur. Qu'est-ce que ce frémissement pour l'Atlantique, dont la profondeur moyenne est de 4000 mètres dans notre hémisphère et de 6000 dans l'hémisphère austral?

Mais quelle force sera capable de mettre en mouvement une masse aussi colossale? Il y en a plusieurs. Nous savons que la salure des mers est plus forte à l'équateur qu'aux pôles : l'eau des pôles est donc plus légère, et, l'équilibre tendant à se rétablir, cette cause seule suffirait pour produire un double courant entre les pôles et l'équateur. Mais à cette première cause, dérivée de la chaleur solaire, se joint l'action directe de cette chaleur, qui agit sur l'Océan de la même manière que sur l'atmosphère. L'eau des mers polaires est toujours, près de la surface, à une température inférieure à zéro; en beaucoup d'endroits, elle est obstruée par les glaces qui refroidissent toute la région voisine du cercle polaire. D'autre part, entre les tropiques, la mer est fortement chauffée par le soleil et subit une rapide évaporation. La différence de température augmente la différence de densité déjà produite par la différence de salure; de

sorte que les eaux tendent à se mettre en mouvement dans les mêmes conditions que l'atmosphère. Ce mouvement se trouve d'ailleurs accéléré par la différence de niveau que produisent d'une part l'évaporation équatoriale et de l'autre la condensation polaire. Aussi l'on constate l'existence d'un courant profond d'eau froide allant des pôles à l'équateur, et au-dessus un contre-courant d'eau chaude qui se rend des régions intertropicales vers les pôles. Ces deux courants primordiaux sont d'ailleurs déviés, comme ceux de l'atmosphère par la rotation du globe. De plus, les obstacles que leur opposent les îles et les continents contrarient leur marche et compliquent singulièrement leurs allures. Toutefois, en pleine mer, on constate généralement le parallélisme des vents réguliers et des courants.

Ces courants constituent au sein des mers de véritables fleuves entre lesquels s'établissent de vastes remous où s'accumulent les plantes marines dans un tourbillonnement continu : ce sont les *mers de sargasses* ou mers de varechs.

Le plus connu de ces fleuves océaniques et celui qui nous intéresse davantage est appelé *Gulf-Stream*, courant du Golfe, parce qu'avant d'entrer dans l'Océan il se développe dans le golfe du Mexique. Partant de ce centre, il longe les côtes septentrionales de Cuba, contourne la Floride et, se dirigeant au nord, entre dans l'Océan profond de 375 mètres, large de 50 kilomètres. Dans ces parages, sa vitesse est de 7 à 8 kilomètres par heure, mais dans tout son parcours la moyenne n'atteint pas 6 kilomètres. A mesure qu'il avance, sa masse s'amincit et gagne en largeur, de sorte qu'à la fin de sa carrière ce n'est plus qu'une nappe d'eau tiède qui cou-

vre la mer depuis les Açores jusqu'à l'Islande et au Spitzberg.)

C'est ce courant d'eau échauffée qui attédie le climat des côtes de Bretagne, d'Angleterre, d'Islande, où poussent en pleine terre des végétaux d'une latitude beaucoup plus basse; c'est lui qui permet de cultiver les céréales dans les pays scandinaves. L'océan liquide et l'océan aérien, mus par la même force, le soleil, coopèrent ainsi, dans leur marche parallèle, à l'égalisation des climats, pour agrandir le domaine de la vie.

Pour compléter ces notions générales sur les mouvements des mers, nous devons mentionner le phénomène si remarquable des marées, qui couvre et découvre alternativement les plages, à des intervalles réguliers.

Supposons le globe terrestre entièrement couvert d'eau, et analysons l'effet produit par l'attraction de la lune sur cette enveloppe liquide. Les parties les plus rapprochées de la lune subiront l'attraction la plus forte, et la surface mobile se gonflera dans la direction de cet astre : un gonflement égal se produira du côté opposé, parce qu'il éprouvera le minimum d'attraction. A mesure qu'elle tourne autour de la terre, la lune déplace le sommet du renflement supérieur qui la suit sous forme d'une vague, et, à mesure que cette vague se déplace pour obéir à l'attraction lunaire, une autre vague se forme du côté opposé pour rétablir l'équilibre. Nous avons ainsi deux vagues qui roulent autour de la terre, avec la vitesse de la lune, et dans l'espace d'un jour lunaire, soit 24 heures 50 minutes, chacune d'elles accomplit un circuit complet. Nommons, si vous voulez, *vague d'attraction* celle qui regarde constamment la lune et *vague*

*d'équilibre* celle qui la suit de l'autre côté du globe,

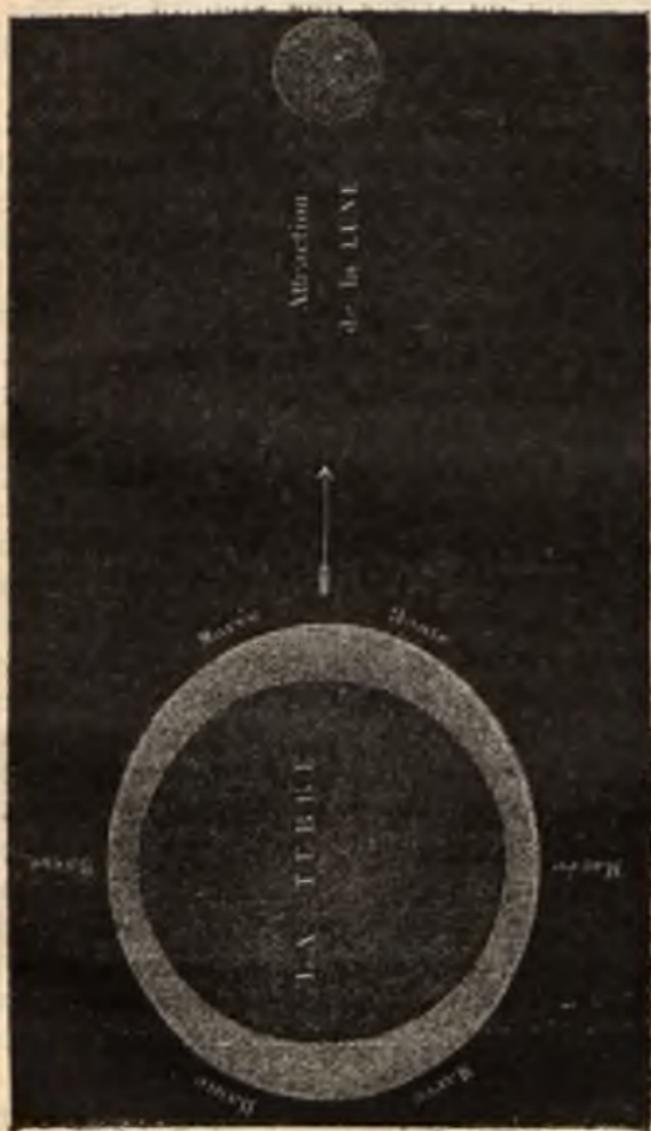


Fig. 63. — Marée lunaire.

c'est-à-dire à un intervalle de 12 heures 25 minutes :

la première amènera la marée montante ou le flux à tous les points de son parcours, laissant derrière elle une dépression ou *reflux* que viendra combler, au bout de 12 heures 25 minutes, la vague d'équilibre amenant un nouveau flux. Ces deux vagues cheminent en sens inverse du mouvement de la terre qu'elles tendent à retarder, et la position de la lune par rapport à notre planète les fait enfler entre les tropiques, tandis qu'elles sont presque insensibles vers les pôles.

Le soleil exerce sur la terre une attraction soixante-deux fois plus forte que la lune, de sorte que, si cette attraction avait lieu à une faible distance, la vague de marée solaire atteindrait la hauteur des grandes montagnes. A la distance qui nous sépare, l'épaisseur de la terre, en plus ou en moins, est peu de chose, de sorte que le soleil attire presque également les eaux de toute la surface. On conçoit cependant qu'à l'époque de la nouvelle lune, les deux astres se trouvant dans la même direction par rapport à la terre, leur action s'ajoute; la vague d'attraction est plus haute, il y a grande marée. Par contre, lorsque les deux astres sont à angle droit, leur action tend à se neutraliser, la marée est moins forte qu'à toute autre période. L'attraction du soleil augmentant à mesure qu'il s'avance vers l'équateur, il en résulte de grandes marées d'équinoxe, en mars et en septembre. Enfin, à l'époque où la terre est le plus rapprochée du soleil, c'est-à-dire en hiver pour notre hémisphère, la même cause fait augmenter la hauteur des marées.

Telle est, en abrégé, la théorie; mais, en fait, le phénomène se complique singulièrement par suite des retards que la profondeur des mers, le relief des



Fig. 61. — Marée lunaire et solaire; nouvelle lune.

continents et bien d'autres causes accessoires apportent au mouvement des vagues de marée. Ce que nous venons de dire suffit, toutefois, pour apprécier leur rôle dans les mouvements de la mer. Voyons maintenant si, en dehors de l'intérêt scientifique, l'étude des océans nous offre quelque immédiate utilité.

La prévision des marées permet aux marins de régler l'heure d'entrée et de sortie des ports dont les passes sont peu profondes, de ceux qui sont trop abrités du vent ou trop peu spacieux pour permettre d'évoluer à la voile. Mais ce qui intéresse le plus l'art nautique, c'est la connaissance exacte des courants, sortes de chemins qui marchent dans la mer. Ainsi, pour aller des États-Unis en Europe, les navires profitent du courant équatorial ou *Gulf-Stream* qui les fait monter de quelques degrés au delà de leur direction, tandis que pour le retour ils descendent beaucoup plus bas chercher le contre-courant polaire. Ce choix de la route a réduit de moitié la traversée pour les navires à voiles : la moyenne est de 28 à 30 jours. Quant aux bateaux à vapeur qui suivent le même itinéraire, ils accomplissent le trajet de New-York en Angleterre en 9 ou 10 jours. La même économie de temps a été réalisée des États-Unis au Brésil. Un voyage d'Angleterre en Australie, aller et retour, demandait jadis, aux navires à voiles, une moyenne de 250 jours; l'étude des courants a fait adopter une route beaucoup plus longue, qui double le cap de Bonne-Espérance, puis le cap Horn, et cependant le voyage complet s'effectue en 130 jours. Ce sont là de magnifiques résultats. Grâce aux connaissances théoriques de la direction des vents, de la marche des tempêtes et des courants, l'homme a pris possession

de la mer : ce n'est plus une barrière entre les peuples, mais un chemin qui porte d'un pays à l'autre les produits du sol et de l'industrie, facilite les échanges, les relations, vulgarise les progrès de toute sorte et semble convier les hommes à l'universelle fraternité.

## XVI

### **Explorations souterraines.**

En étudiant les forces de la nature, nous avons constaté que l'intérieur du sol se trouve souvent remué, fissuré, miné par les tremblements de terre, les volcans, les eaux souterraines. Il en résulte des crevasses, des effondrements, des gouffres, des excavations que l'on désigne généralement sous les noms de grottes ou de cavernes. De même que les puits et les galeries creusées par les hommes nous permettent d'interroger avec fruit les entrailles de la terre pour y lire, écrits en caractères ineffaçables, des fragments de son histoire, nous pouvons espérer que l'exploration de ses cavités naturelles nous fournira de nouveaux documents.

Dans ces excursions souterraines, tout concourt d'ailleurs à soutenir l'ardeur des recherches. Des sites pittoresques ou sauvages, un certain mystère, des dangers à braver, des impressions nouvelles, des découvertes possibles, stimulent également le savant et le touriste.

Obligés d'aller vite, nous allons passer en revue, comme dans un diorama, les types les plus saisissants

de grottes ou de cavernes, ceux qu'il nous importe de connaître pour compléter l'étude sommaire du globe.

Une des grottes les plus curieuses et les plus renommées se trouve dans l'île écossaise de Staffa; on l'appelle grotte de Fingal. L'île tout entière est d'origine volcanique; ce n'est guère qu'un bloc de *basalte*. Le basalte, comme les laves proprement dites, con-



Fig. 65. — Grotte basaltique dans l'île de Staffa.

tient beaucoup de vapeur d'eau lorsqu'il arrive à la surface. Cette vapeur s'échappe rapidement des parties superficielles, qui durcissent sans affecter aucune structure particulière. Mais, dans l'intérieur, l'évaporation est très lente. Or, que ce soit de l'argile, de l'amidon ou du basalte qui se dessèche en grandes masses et avec lenteur, on constate le même phénomène, assez analogue à la cristallisation; la substance

se fendille d'une façon très régulière et selon des formes géométriques. Le basalte, dans ces conditions, se divise en prismes à six pans, véritables colonnes de pierre, séparées par de faibles interstices, ou même se touchant presque dans toute leur longueur, ces colonnes sont ordinairement divisées en tronçons, de sorte que l'ensemble paraît une construction monumentale. Pour compléter l'illusion, il arrive souvent qu'une substance calcaire cimenté les parties et remplit les joints.



Fig. 66. — Grotte des Fromages.

La grotte de Fingal est l'œuvre de la mer. Les vagues ont assailli le rempart de basalte, détaché, brisé, emporté quelques colonnes, et par la brèche ouverte le travail de démolition a continué en ligne droite, sans doute sous l'impulsion d'un courant local. Ainsi s'est ouverte une longue galerie dont la voûte est semée de pendentifs formés par des tronçons aux formes régulières.

Nous avons en France, dans le Vivarais et dans la haute Auvergne, riche en volcans éteints, plusieurs excavations du même genre. Il en existe une fort curieuse sur les bords du Rhin, entre Trèves et Coblenz. On l'appelle grotte des Fromages, parce que les colonnes de basalte, sectionnées en fragments à

peu près égaux et usées aux points de fracture, offrent l'aspect de piles de fromages. Autrefois, ces formes inexplicables s'appelaient « des jeux de la nature »; aujourd'hui, ce que nous savons de leur origine ne fait qu'accroître l'intérêt qu'elles nous inspirent.

Dans les régions volcaniques, on rencontre fréquemment des excavations qui dégagent des gaz délétères ou asphyxiants : *acide sulfureux*, *ammoniacque*, *acide carbonique*. Telle est la célèbre grotte du Chien, non loin de Naples. L'acide carbonique, plus lourd que l'air, couvre le sol de la grotte jusqu'à une certaine hauteur. Pour démontrer sa présence, un guide mène avec les voyageurs un malheureux chien, qui bientôt tombe asphyxié, tandis que les hommes respirent à l'aise l'air pur qui circule à la hauteur de leur tête. Après chaque *séance*, le guide porte au grand air son sujet, puis le baigne dans un lac voisin pour le ramener à la vie. Nous avons en France, près de Montpellier, une grotte de même nature, beaucoup plus pittoresque, avec son grand lac et ses pendentifs de pierre. Mais on continue de citer toujours la grotte du Chien, au lieu de notre grotte de la Madeleine, dont le seul tort est d'être près de nous.

Nous n'avons guère plus à envier à l'étranger en fait de grottes marines. Certes la grotte d'Azur, de l'île de Capri, mérite sa réputation. C'est une vaste cavité formant une voûte elliptique de 160 pieds sur 120 et haute de 70 pieds vers le centre. La mer en occupe tout le fond; il faut profiter d'un temps calme pour glisser, en bateau, par l'étroite ouverture. Mais n'avons-nous pas les grottes d'Étretat? celles de la baie de Douarnenez, où, entre cinquante autres, la Morgane (*mor gan*, en celtique, né de la mer) offre les di-

mensions, la disposition et le charme de la grotte d'Azur? Ce sont les mêmes reflets bleus et verdâtres, marbrés de lumière vacillante, qui mettent en relief tour à tour les parois blanches, grises et roses du rocher, les galets chatoyants qui jonchent le pied des murailles, le bloc de granit rouge qui occupe le centre, puis une grève derrière laquelle s'ouvre une seconde caverne encore inexplorée.

Les grottes les plus extraordinaires par leurs vastes proportions, la variété de leur architecture, la richesse de leurs décorations naturelles, ont été creusées par les eaux dans les terrains calcaires. Elles sont communes dans les départements de l'Yonne et de l'Hérault. La Franche-Comté est fière des grottes d'Osselles, non loin de Besançon. Elles appartiennent à un type spécial, qui mérite une mention toute particulière.

L'eau qui suinte à la voûte et sur les parois des grottes, formées dans un terrain calcaire, dissout, au passage, une petite quantité de chaux. Ces infiltrations, qui succèdent aux courants énergiques dont le long travail d'érosion a creusé les cavités, travaillent à les orner, à les embellir. Une goutte reste suspendue à la voûte, tremble et tombe, ne laissant à sa place qu'un disque humide. Ce disque se dessèche, formant à son pourtour un imperceptible bourrelet de chaux. Une seconde goutte arrive, puis une autre, à intervalles réguliers, chacune abandonnant quelques atomes de pierre; le bourrelet s'épaissit, s'allonge en un tube mince; les gouttes se succèdent à la tâche, le tube se renforce, s'élargit à sa base: c'est un pendentif suspendu à la voûte, une *stalactite* d'un blanc mat, qui plus tard, sous l'influence de l'humidité, prend une structure cristalline, demi-translucide comme

l'albâtre. Mais l'eau qui est tombée sur le sol s'évapore également et y construit de la même manière un cône à large base, une *stalagmite*. Que le travail



Fig. 67. — Grottes d'Osselles.

séculaire continue, et les deux tronçons vont se rejoindre pour former une colonne) Puis, entre ces colonnes diaphanes, tomberont des rideaux aux plis capricieux, agrémentés de franges, de dentelles à jour,

tandis que, sur les parois, des fontaines, des cascades de pierre semblent ruisseler avec les étincellements de l'eau jaillissante.

Les grottes d'Osselles, dont les salles se succèdent sur une étendue de 800 mètres, est un des plus beaux spécimens de cette architecture souterraine. La Grèce est fière de sa grotte d'Antiparos, merveilleusement décorée de concrétions calcaires. Quant à l'étendue, aucune ne rivalise avec celle de Mammoth, dans le Kentucky. Là, on voyage pendant plusieurs jours dans des galeries, des salles, des couloirs, on navigue sur des lacs et des rivières, on descend dans des précipices, et les plus robustes touristes la quittent sans l'avoir visitée en entier.

Chez tous les peuples primitifs ou demi-civilisés, les gouffres, les grottes, les cavernes ont inspiré des sentiments poétiques ou religieux. On y voyait l'œuvre de terribles génies, le séjour d'esprits ou de dieux, l'entrée de mondes inconnus, l'asile des monstres ou le sanctuaire des oracles. Ce furent d'abord des lieux sacrés : on y célébrait les rites barbares d'un culte inspiré par la terreur religieuse. Plus tard, on en revêtit l'entrée de colonnes, de portiques, de statues ; puis à la caverne naturelle succéda le temple-caverne creusé dans le roc que nous admirons encore en Egypte, en Nubie et surtout dans l'Inde. Quand les grottes furent désertées par le culte, on les transforma en sépultures, en catacombes. A Samoun, dans la haute Égypte, on trouve d'immenses souterrains remplis de cercueils et de momies parmi lesquelles figurent un grand nombre de crocodiles sacrés.

Les cavernes furent la première habitation de l'homme dans les pays où le climat exige un abri

solide et permanent : il les accommoda pour son usage, en creusa de nouvelles alentour, pour former des *cités troglodytes*. En France, ces habitations souterraines sont communes dans le Quercy, le Périgord, l'Aquitaine, et aussi dans le département de Seine-et-Oise.

Pendant les guerres d'invasion, aux temps de dissensions civiles et religieuses, les populations y



Fig. 68. — L'église de Rémonat.

trouvèrent un refuge à des époques peu éloignées de la nôtre. L'habitude a fait construire, en quelques endroits, des habitations, des temples, à l'entrée ou même dans l'intérieur de ces souterrains : témoin le village de Rémonat, en Franche-Comté, dont les maisons et l'église sont bâties dans les anfractuosités du sol.

Jusqu'au commencement de ce siècle, on n'explora

les cavernes qu'au point de vue pittoresque. Mais le hasard ayant fait découvrir en Angleterre que le sol d'une caverne était rempli d'ossements, les géologues se mirent aussitôt à l'œuvre dans tous les pays. En creusant jusqu'à la roche vive, on rencontra en plusieurs endroits des lits superposés de concrétions calcaires, d'ossements, de sable, dans lesquels gisaient des squelettes entiers d'animaux semblables à ceux



Fig. 69. — Caverne à ossements de Gaylenreuth (Franconie).

que l'on avait déjà découverts dans les couches de terrains tertiaires : hyènes, tigres, hippopotames, rhinocéros, éléphants. Bientôt, les recherches devenant plus actives, plus méthodiques, une découverte d'une importance capitale dans l'histoire de la terre révéla que l'homme avait habité ces antres souterrains en même temps que les espèces éteintes d'animaux dont on exhumaient les restes fossiles : l'homme

existait à la fin de la période tertiaire. Comme preuve, on montrait des silex éclatés et retailés, pointes de lance et de flèche, couteaux, poinçons; des os fendus pour en extraire la moelle, entamés



Fig. 70, 71. — Objets en os sculptés et gravés trouvés dans les cavernes.

pour séparer les tendons. Enfin, on vit côte à côte des ossements d'homme et de mammouth)

Cependant la rigueur scientifique exigeait des preuves plus positives qu'un rapprochement facile à expliquer par le remaniement du sol pendant des inondations. Mais les doutes tombèrent lorsque l'on vit, à côté d'armes et d'ornements de date discutable,

des plaques d'os sculptées et gravées, représentant avec une étonnante vérité les animaux disparus dont l'homme avait été le contemporain.)

## XVII

### Les travaux de l'homme.

A mesure que l'homme prend possession de la terre, il en modifie la surface, change l'aspect des paysages, intervient même dans la distribution des climats. C'est par un procédé barbare qu'il commence d'ordinaire son rôle de conquérant. L'incendie de la forêt fait la place nette pour le premier champ, puis agrandit chaque patrimoine. Il ne sait pas que, faute de réserves suffisantes ou faute de replanter en temps opportun, il tarit les sources, fait déborder les fleuves, rend plus torrides les étés et plus âpres les hivers. C'est ainsi que de vastes contrées, jadis florissantes sont changées en déserts.)

Mais il arrive d'ordinaire qu'après cette période de dévastation le possesseur du sol s'y attache, l'exploite, l'améliore, l'adapte à ses besoins, à ses jouissances. Même les plus ignorants comprennent que la terre est la seule vraie richesse. Aussi, dans les pays où la population est agglomérée, on semble aimer davantage la terre, à mesure que la part de chacun se fait plus petite. Alors chaque pelletée a son prix, et jusqu'aux pentes abruptes des montagnes on suspend des jardins en terrasses, on plante, dans des plates-bandes soutenues par des murailles, le figuier, l'olivier, la vigne. Les flancs mêmes des volcans se cou-

vrent de cultures, qui souvent disparaissent sous des flots de lave. Qu'importe? le champ est encore là. C'est de la pierre aujourd'hui; mais cette pierre subit l'action des éléments, se fendille, se couvre de poussières; un lichen microscopique s'y accroche, quelques herbes s'y aventurent, l'homme vient en aide à cette invasion de la vie, et peu à peu la verdure monte à l'assaut du cratère. C'est ainsi que l'Etna nourrit ses trois cent mille habitants.)

Dans les vallées, l'agriculteur lutte contre les fleuves. Mais il faut le travail constant de plusieurs générations pour dresser de chaque côté du lit des digues latérales, des levées qui obligent les eaux à suivre un cours régulier même à l'époque des grandes crues. En Chine, en Louisiane, en Lombardie, en Hollande, en France, de fertiles campagnes ont été ainsi préservées de dévastations périodiques. Les seules levées du Mississipi et de ses affluents se développent sur plus de 4000 kilomètres.)

Mais se défendre ne suffit pas, il faut asservir cette force, utiliser sous toutes les formes possibles cet élément bienfaisant. Des canaux créent pour le commerce de nouvelles voies, des écluses en régularisent artificiellement la pente, des barrages produisent des chutes qui donnent la vie aux usines, des conduits ménagés avec art portent la fraîcheur aux champs altérés, toute terre devient productive dès qu'elle est arrosée; aussi voit-on surgir dans le désert, comme sous la baguette de Moïse, des sources d'eaux vives autour desquelles s'épanouissent de riantes oasis; le Sahara disparaît à mesure que la sonde y creuse les puits artésiens.)

Dans les contrées où l'excès d'humidité pourrait compromettre les récoltes, on recourt au *drainage*,

qui est la contre-partie de l'irrigation. Au moyen d'une canalisation souterraine, on assure l'écoulement régulier des eaux. Les levées du Mississipi nous étonnent, mais ces canaux invisibles qui sillonnent l'An-



Fig. 72. — Écluse.

gleterre ont coûté bien plus de travail. Leur ensemble mesure dix millions de kilomètres, c'est-à-dire deux cent cinquante fois le tour de la terre!

Grâce au drainage, des terrains marécageux et improductifs se couvrent de riches moissons, tandis

que les fièvres paludéennes disparaissent dans toute la campagne environnante.

Au point de vue sanitaire comme au point de vue agricole, le desséchement de lacs mal encaissés, sujets à des débordements considérables, offre aussi d'immenses avantages. Notre époque a vu se réaliser des travaux de ce genre tentés en vain depuis des siècles. Le lac connu sous le nom de mer de Harlem, qui menaçait Amsterdam par ses empiètements continuels, a été mis à sec au moyen de pompes à vapeur d'une puissance extraordinaire, qui enlevaient, à chaque coup de piston, 200 mètres cubes d'eau. L'espace submergé avait 21 kilomètres de longueur et 10 de largeur : une dépense de 33 000 000 en a fait une terre cultivable qui vaut plus de 200 000 000 de francs.

En Italie, un travail plus difficile vient d'être mené à bonne fin : c'est le desséchement du lac Fucino. Pendant onze ans, les empereurs romains avaient employé 30 000 esclaves à cette tâche colossale ; les monarques napolitains essayèrent de la continuer ; mais l'œuvre restait inachevée, et l'eau couvrait un espace de 16 000 hectares. Le prince Torlonia a fait creuser une galerie d'écoulement de 6300 mètres, par laquelle les eaux se sont déversées dans la rivière Liris ; la dépense s'élève à 50 000 000, et cependant, même au point de vue financier, c'est une excellente affaire, car les 16 000 hectares livrés aujourd'hui à la culture produiront un magnifique intérêt de cette mise de fonds.)

Sur les bords de la mer, les agriculteurs industrieux gagnent peu à peu du terrain. En Norwège, la conquête des plages basses s'effectue à raison de 10 000 hectares par an. En Belgique, en France, on s'est mis aussi à l'œuvre. Rien que sur les côtes de la Méditer-

ranée, nous pouvons protéger, dessaler et mettre en culture 100 000 hectares, représentant une valeur de 800 000 000 de francs. La Hollande tout entière, dont le sol s'enfonce lentement dans la mer, comme un navire qui fait eau, n'existe que par son admirable système de digues et de canaux; c'est un royaume ravi à la mer.

Ailleurs, ce n'est plus pour conquérir, mais pour protéger son domaine, que l'homme lutte avec les flots. La vague qui déferle démolit le rivage : il lui faut opposer de solides remparts de pierre, des *jetées* formées par l'entassement d'énormes blocs de roche artificielle. Non loin de Douvres, c'est toute une montagne que les ingénieurs anglais ont fait sauter dans la mer pour y former un *brise-lames* et arrêter l'érosion de la côte.

Sur certaines plages, le vent entraîne au loin le sable pour former des *dunes* qui envahissent les terres cultivées, ensevelissent les villages et transforment le pays en désert. L'homme intervient encore. Provisoirement, il couvre la surface mobile de branchages et d'herbes sèches, y plante le roseau des sables; puis une plantation régulière de sapins fixe définitivement la dune qui se couvre de riches forêts. C'est ainsi que nous avons transformé le littoral de Gascogne.

A mesure que se perfectionnent la mise en rapport de la terre et l'exploitation de ses richesses naturelles, on voit se développer les relations commerciales, et avec les échanges matériels commencent l'échange des idées, l'unification des langues et des mœurs. Au sentier à demi frayé dans la forêt, à la piste incertaine des caravanes, succèdent les routes solides, empierrées, puis la voie de fer, la plus fé-

conde invention des temps modernes. Ce n'était pas assez de découvrir sur les mers les chemins les plus rapides, sortes de fleuves des océans : l'hélice mue par la vapeur remplace la voile trop lente, et le na-



Fig. 73. — Construction d'une jetée en blocs artificiels.

vire est affranchi de l'influence des vents. Mais on fait plus encore. Pour communiquer avec des pays relativement peu éloignés, le navigateur était souvent obligé de contourner de vastes continents. Les barrières naturelles disparaissent devant l'industrie hu-

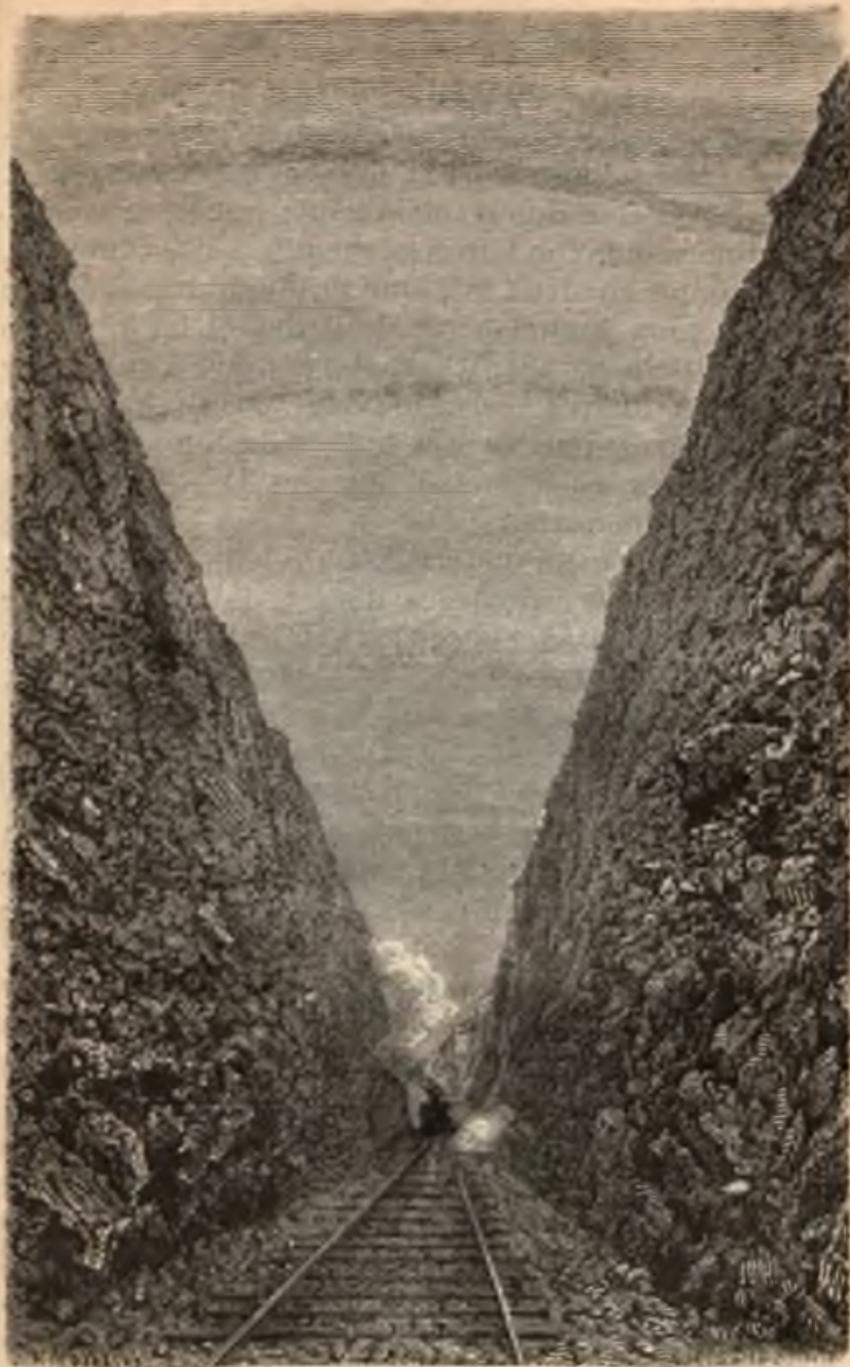


Fig. 74. — Une tranchée de chemin de fer.

maine; les isthmes livrent passage aux mers qu'ils séparaient, et les flottes traversent ces canaux prodigieux. C'était Suez hier, et demain ce sera Panama.

Une fois l'élan donné et la route tracée, rien n'arrête. Une montagne barre le chemin à la locomotive, on la coupe en deux par une profonde tranchée, ou bien un long tunnel perce droit devant lui à travers un massif de roches. Au souterrain du Cenis, long de 12 220 mètres, succède celui du Gothard, de 14 920 mètres; puis ce sera le tour du Simplon et de bien d'autres, en attendant que les rails escaladent partout les sommets.

Aucune difficulté matérielle ne rebute l'ingénieur : suspendue à des cordages d'acier, la route de fer s'élanche d'un jet par-dessus les abîmes, ou, portée sur une série d'arcades superposées, relie à niveau deux plateaux sans descendre dans la vallée.

Partout où pénètre la civilisation, l'homme modifie la physionomie de la terre : il lui imprime sa marque, il l'adapte à son usage par la culture et par la science. Mais, malgré la grandeur des résultats accomplis, l'œuvre est à peine commencée. La culture et l'exploitation même rudimentaire n'ont été appliquées qu'à la dixième partie des continents. Lorsque cette première prise de possession se sera étendue à toute la surface de la terre, une ère nouvelle s'ouvrira. Sa durée n'aura d'autres limites que les changements apportés dans l'économie du globe par son évolution propre, qui se continue presque imperceptiblement, mais d'un pas toujours égal. (Toutes les connaissances humaines apporteront leur contingent à la science de la terre.) Celle-ci, cultivée, remodelée, embellie, exploitée par un outillage au complet, tiendra compte à nos descendants des efforts de

toutes les générations. Née du labour patient, la fécondité le récompensera au centuple. Le travail lui-même subira des transformations qu'il nous est permis d'entrevoir. Le soleil, les vents, les eaux courantes, les vagues de la mer, prêteront à l'industrie



Fig. 75. — Pont-viaduc de l'Indre.

humaine leurs forces assouplies, dirigées, emmagasinées et distribuées à l'infini.)

Peut-être alors l'humanité, moins absorbée par la lutte pour l'existence, pourra jouir en paix de son œuvre et poursuivre fraternellement sa destinée. C'est en perfectionnant la terre, en se l'appropriant par la science et par le travail, qu'elle prépare pour elle-même le progrès sous toutes ses formes, le bonheur dans toutes ses manifestations.

## XVIII

**L'avenir de la terre.**

Après nous être intéressés au passé et au présent de notre globe, nous nous demandons tout naturellement quel sera son avenir. Y a-t-il témérité à nous poser ce problème ? Le raisonnement et la science peuvent-ils nous en faire espérer la solution ?

De même que, dans le passé de la terre et dans plusieurs phénomènes dont elle est le théâtre, nous constatons des faits inexplicables, inaccessibles à nos recherches, supérieurs aux combinaisons de notre esprit, nous nous sentons impuissants à prédire jusqu'au bout sa destinée. Mais, une fois son insuffisance reconnue, la science humaine peut s'exercer à poursuivre jusque dans un avenir indéfini les traits principaux de l'histoire de la terre. Il ne s'agit pas de fictions poétiques, de voyages imaginaires dans l'infini, mais de simples déductions basées sur les faits constatés dans notre planète ou dans le monde accessible à nos observations.

(Atome imperceptible dans le concert des mondes, plus insignifiant qu'un grain de sable comparé au soleil, la terre poursuit dans l'espace sans bornes une évolution dont nous avons fixé les périodes, enregistré les annales, expliqué l'influence sur l'origine et le développement de la vie. Étonnés à bon droit de sa petitesse relative, nous sommes d'autant plus surpris de découvrir la solidarité qui l'unit à l'ensemble de la création. Étudier son passé, c'est remonter au passé de la création ; interroger son

avenir, c'est pénétrer, par delà les temps et l'espace, la destination de l'univers.

Tout près de nous dans le ciel, nous avons un terme de comparaison très utile pour baser nos raisonnements sur l'avenir de la terre. La lune, son satellite, est un fragment détaché jadis de sa masse, comme la terre se détacha de la masse du soleil, ainsi que toutes les planètes de notre système. Or la lune, étant quarante-neuf fois plus petite que la terre, a pu parcourir ses phases d'évolution beaucoup plus rapidement. Son état actuel nous représente un des états par où devra passer notre globe.)

(Nous savons que des plantes rudimentaires à squelette siliceux, des animalcules microscopiques recouverts d'une pellicule calcaire, ont formé au fond des eaux, par l'accumulation de leurs débris, de puissantes assises de pierre qui ont élevé le fond des lacs et des océans. La même cause agira dans la même proportion, tant que les eaux seront propres à entretenir la vie. D'autre part, nous avons vu que les éléments travaillent de concert à écrêter les montagnes, à niveler les continents, dont les matériaux réduits à l'état de limon sont entraînés par les fleuves déversés dans la mer. Si des soulèvements comparables à ceux qui ont produit les montagnes ne compensaient pas cette œuvre de nivellement, la terre ferme disparaîtrait tout entière sous les eaux. Mais, grâce aux exhaussements de certaines parties, il est probable que l'invasion des terres actuelles sera compensé par l'émergence de surfaces considérables.)

Nous avons sous les yeux des exemples qui nous permettent de prévoir une partie de ces change-

ments. La mer Baltique, graduellement comblée par les troubles des fleuves qui s'y déversent, diminue en largeur et en profondeur. Dans un temps facile à prévoir, ce ne sera plus qu'une suite de lacs d'eau douce livrant passage à un grand fleuve qui finira par combler les lacs et coulera majestueusement au milieu de la vallée. Notre Méditerranée aura le même sort. La mer Caspienne, qui s'étendait autrefois du Pont-Euxin à l'océan Glacial, continuera de se dessécher par l'évaporation, qui lui enlève plus d'eau qu'elle n'en reçoit; ce sera une immense plaine salée dans laquelle les cours d'eau se perdront absorbés par les sables.

Une cause d'un ordre tout différent contribuera aux déplacements des mers. Le mouvement des vagues de marées a lieu en sens inverse du mouvement de rotation de la terre : c'est une force qui agit comme un frein à sa surface et ralentit son mouvement à raison de *vingt-deux secondes* par siècle. Un pareil chiffre semble négligeable. Cependant, si cette cause retardatrice agit depuis dix mille millions d'années, elle a diminué de moitié la vitesse de rotation, et dans l'immensité des temps elle continuera sans autre diminution que celle de la masse des océans. Les grands courants marins, comme les courants de l'air, se trouvant déviés proportionnellement à la vitesse de rotation, leur direction se redressera insensiblement. Il en résultera, d'un côté l'envahissement, de l'autre le dessèchement des plages, sur le parcours de ces fleuves océaniques.

L'orbite de la terre autour du soleil est soumise à des variations périodiques pendant lesquelles l'ellipse s'allonge ou se rapproche de la forme circulaire. Il

en résulte une notable différence dans la répartition de la chaleur solaire pendant le rapprochement et l'éloignement du soleil. De plus, l'axe terrestre s'inclinant successivement dans tous les sens, comme l'axe d'une toupie qui tournoie sur le sol, décrit un mouvement circulaire de 21 000 ans, qui change lentement les saisons de chaque hémisphère. Il en résulte pour eux, on peut dire, deux saisons générales, une de refroidissement, l'autre de réchauffement, qui durent chacune 10 500 ans. Ces diverses causes combinées ont produit et ramèneront périodiquement les *époques glaciaires*.

En même temps que ces alternances agiront des causes permanentes et progressives de refroidissement. La chaleur intérieure n'échauffant aujourd'hui la surface de la terre que d'un trentième de degré, sa diminution n'aura pas de conséquences notables. Le refroidissement graduel de la terre dépendra des changements survenus à la surface du soleil. L'astre lui-même n'est pas incandescent. La lumière et la chaleur y sont produites par des combustions actives d'une atmosphère agitée, bouleversée par des tourbillons. Quand on examine sa surface au moyen du télescope, on y reconnaît des taches sombres, vastes trouées dans son enveloppe flamboyante, larges dix fois comme la terre. Ces taches iront s'élargissant, la couche ignée s'amincira, le froid envahira lentement notre terre; des pôles vers l'équateur, la vie disparaîtra de sa surface stérile et glacée.

Avant ce refroidissement extrême, la mer aura disparu, absorbée pour la formation de nouvelles couches pierreuses. La terre pourrait employer ainsi cinquante fois plus d'eau que n'en contiennent les mers. L'atmosphère aura le même sort. Notre planète deviendra,

comme la lune, sans air et sans eau. Comme son petit satellite, elle continuera de subir l'influence du *retrait*, qui produira des plissements, des crevasses, des fendillements profonds.

Vous savez que la force centrifuge fait parfois éclater des volants de machines, des meules animées d'une grande vitesse. La même force, agissant à la surface fissurée de la terre, en détachera des fragments, notre globe s'émiettra dans l'espace. Ses débris formeront une des variétés d'étoiles filantes, qui remplissent certaines régions du ciel. Celles que nous voyons parfois traverser, comme une pluie de feu, la partie raréfiée de notre atmosphère, proviennent, au moins en partie, d'astres éclatés. Quelques-unes de ces parcelles tombent brûlantes sur la terre. De même, la poussière de notre globe ira tomber sur des astres plus jeunes ou moins avancés dans leur évolution.

Mais pourquoi cette évolution des astres? Au lieu de ces périodes de formation, de déclin et de destruction, pourquoi ne conservent-ils pas éternellement leur rôle? A quoi bon donner ces formes à la matière pour la réduire en poudre qui se dissémine dans l'espace infini? Une explication au moins nous est permise. Continuellement changeante dans ses phénomènes, la nature est immuable dans ses lois. Rien ne se crée, rien ne s'anéantit, tout se transforme. Chaque atome de matière passe par les états les plus divers. Des substances inertes, gaz et minéraux, deviennent une plante ou un animal qui vit, croît, se reproduit et meurt; l'air et la terre reprennent leur substance pour en former d'autres êtres. L'eau use les roches, les dissout ou les entraîne sous forme de limon pour construire avec les mêmes ma-

tériaux des roches destinées à d'autres usages. Partout nous constatons cette rotation des éléments, cet emploi multiple de la matière ; partout la vie naît de la mort, et la destruction qui commence prépare un nouvel enfantement. Cette loi régit tout l'univers ; nous devons la retrouver dans la vie des mondes célestes comme dans les phénomènes restreints dont notre globe est le théâtre.

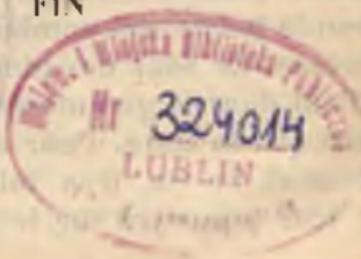
Lorsque le ciel est très pur, nous voyons après le coucher du soleil, pendant les mois de janvier, février, mars et avril, et avant le lever de cet astre, dans le mois de novembre, une bande de lumière inclinée à l'horizon et qui forme, avec la lueur du crépuscule ou de l'aube, un vaste cône émoussé. A mesure qu'on avance vers l'équateur, cette clarté, nommée *lumière zodiacale*, perd son aspect conique et forme une zone lumineuse tout autour du ciel.

L'analyse de cette immense lueur a démontré qu'elle est produite par une agglomération de corpuscules isolés qui réfléchissent la lumière solaire. Leur nombre dépasse toute imagination. Une nuée de poussière emportée dans toute l'étendue de notre système planétaire peut à peine en donner une idée. L'ensemble constitue une sorte de *nébuleuse* animée d'un mouvement régulier, qui la rapproche du soleil après chaque période de onze années. Des découvertes récentes portent à croire que la chute de ces corpuscules dans l'atmosphère du soleil cause la plus grande partie des combustions que l'on observe à sa surface. Ce sont des mondes réduits en poudre qui brûlent dans ce gigantesque foyer, 1 280 000 fois plus gros que la terre. Pour donner à notre planète la chaleur et la vie, il a fallu que d'autres astres sèment leur poussière sur le soleil ! Notre globe, ré-

duit en poudre à son tour, servira d'aliment à quelque autre fournaise pour faire éclore la vie dans d'autres régions de l'infini. C'est pour cela que notre système tout entier se déplace, suivant une orbite encore inconnue.

A travers des cycles incommensurables, la matière, sans cesse rajeunie par ses transformations, poursuit ses mystérieuses destinées. La grandeur de ces combinaisons écrase notre esprit. Nous sommes étonnés d'avoir pu même les entrevoir. Quant à chercher les causes et les fins dernières d'un ensemble aussi prodigieux, nul être raisonnable n'en aura la témérité. Les plus audacieux sentent trop bien la disproportion entre notre intelligence et les attributs de l'Être infini, éternel. A mesure que nous avançons dans la découverte des vérités scientifiques, nous éprouvons, non plus cette terreur religieuse que les forces de la nature inspirent aux hommes primitifs, mais une émotion profonde, entraînant, inspirée, qui nous révèle Dieu dans son œuvre et fait de l'adoration le couronnement de la science.

FIN



## TABLE DES MATIÈRES

---

I. — Les forces et la matière.....	1
II. — Notre planète dans l'univers.....	11
III. — Naissance de notre planète.....	18
IV. — Les archives de la terre.....	27
V. — Origine et progrès de la vie.....	37
VI. — Les régions polaires.....	49
VII. — La nature tropicale.....	59
VIII. — Les climats tempérés.....	71
IX. — L'air.....	80
X. — L'eau.....	93
XI. — Le feu.....	104
XII. — Les montagnes.....	117
XIII. — Les vallées.....	125
XIV. — Les plaines et les déserts.....	135
XV. — Les océans.....	146
XVI. — Explorations souterraines.....	157
XVII. — Les travaux de l'homme.....	167
XVIII. — L'avenir de la terre.....	176

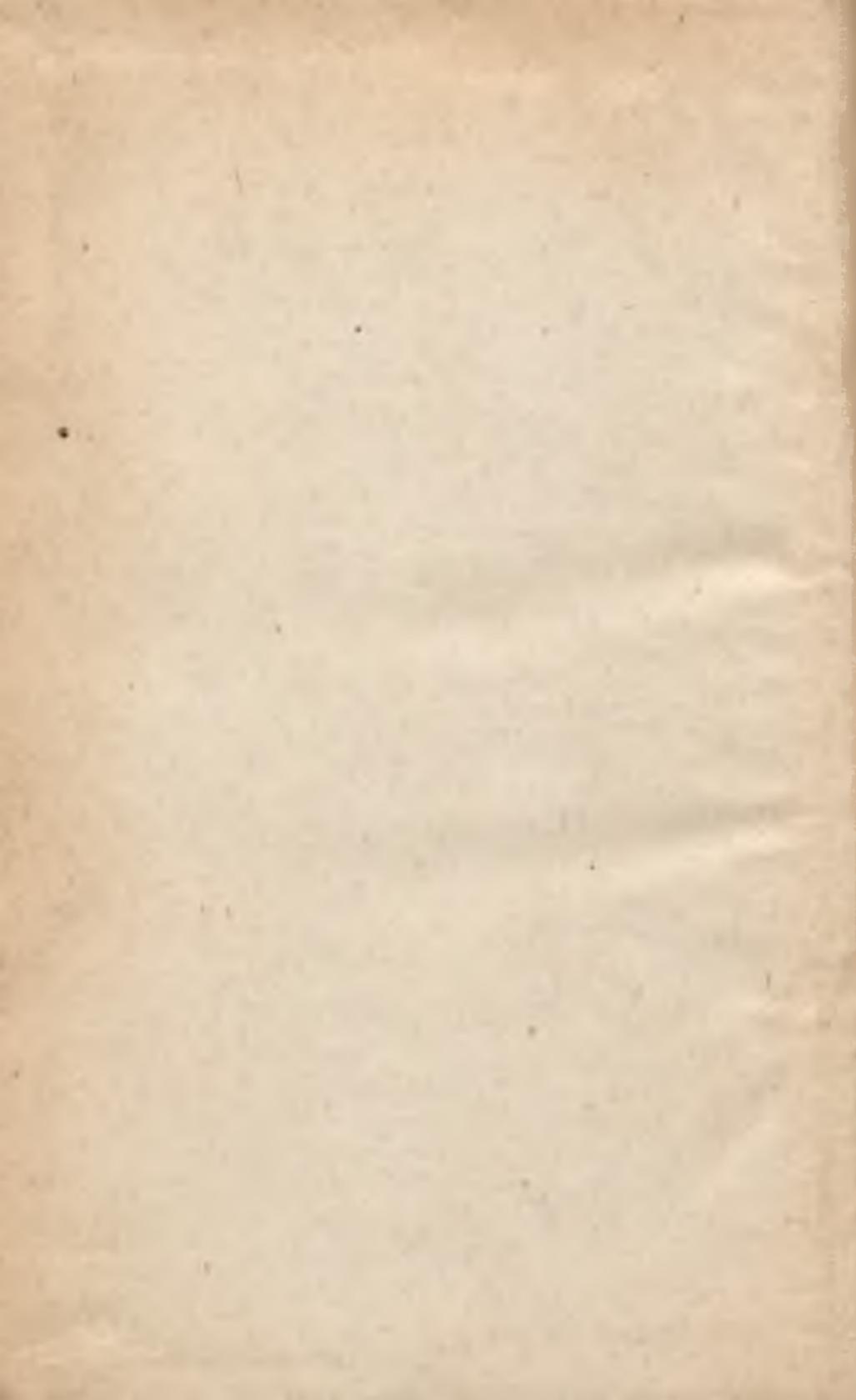
FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

---

COULOMMIERS. — Typ. PAUL BRODARD.









Biblioteka im. Hieronima  
Łopacińskiego w Lublinie

324014

1000072400

