

# LIVRE PREMIER

## PHÉNOMÈNES ACTUELS

### CHAPITRE PREMIER

#### FORMES ACTUELLES DU GLOBE TERRESTRE

##### § 1

#### DONNÉES ASTRONOMIQUES

**Révolution et rotation de la terre.** — La terre est un globe presque exactement sphérique, de 40 000 kilomètres de circonférence, décrivant en une année une courbe plane elliptique autour du soleil, dont son centre est éloigné d'environ 150 millions de kilomètres. A cette distance, malgré les grandes dimensions de l'astre central comparées à celles de la terre, les rayons lumineux envoyés à notre planète sont parallèles entre eux, comme s'ils venaient de l'infini. Leur faisceau cylindrique touche donc la terre suivant un *grand cercle d'illumination*, qui la partage à tout instant en deux moitiés égales, l'hémisphère éclairé et l'hémisphère obscur.

D'ailleurs, en même temps qu'elle accomplit sa révolution annuelle, la terre tourne sur elle-même en vingt-quatre heures, autour d'une ligne de direction fixe, qu'on appelle *l'axe des pôles*.

**Saisons.** — Si l'axe des pôles était à angle droit sur le plan de l'orbite terrestre ou écliptique, chaque point de notre globe,

pendant le mouvement de rotation diurne, passerait douze heures dans l'hémisphère éclairé et autant dans l'autre. Le jour serait donc partout égal à la nuit.

Mais l'axe terrestre est incliné d'une quantité notable (fig. 1) et, par suite, le grand

cercle d'illumination ne coïncide pas avec un méridien. Aussi, à l'exception de deux moments de l'année, appelés *équinoxes*, partout, sauf à l'équateur, les durées relatives du jour et de la nuit sont-elles inégales. D'ailleurs, pendant la révolution annuelle, cette différence varie d'une manière continue, changeant de sens tous les six mois.

De là résulte le jeu des *saisons*, par suite duquel chaque hémisphère est tour à tour favorisé sous le rapport de la lumière et de la chaleur. Peu sensible entre l'équateur et les tropiques, l'influence des saisons devient de plus en plus marquée à mesure qu'on s'élève vers les pôles. Par elle, l'année se trouve partagée dans les hautes latitudes en deux phases, dont l'une est caractérisée par l'activité des phénomènes physiques de tout ordre, tandis qu'à l'autre correspond un repos presque complet de la nature.

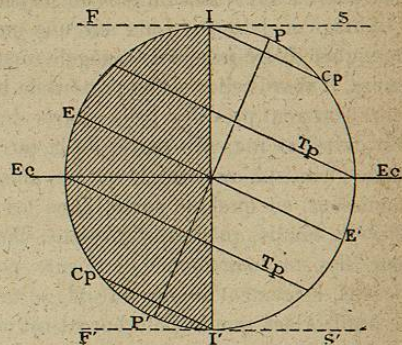


Fig. 1. — Effets de l'inclinaison de l'axe des pôles lors d'un solstice. — FS, F'S', limites du faisceau des rayons solaires; I'I, grand cercle d'illumination; Ec, écliptique; EE', équateur; Tp, tropiques; Cp, cercles polaires.

##### § 2

#### RELIEF TERRESTRE

**Éléments du relief terrestre. Répartition des terres et des mers.** — Trois sortes d'éléments concourent à la formation de l'écorce du globe : l'élément *solide* ou *terre ferme*, l'élément *liquide* ou *océan*, l'élément *gazeux* ou *atmosphère*. L'atmo-



sphère constituée, autour des deux autres éléments, une couche régulière d'épaisseur inconnue, mais dont la partie inférieure a seule de l'intérêt pour le géologue, vu la rapidité avec laquelle l'air, au voisinage des hauts sommets, se raréfie et devient incapable d'effets mécaniques ou physiques.

Lorsqu'on jette les yeux sur une mappemonde, on ne peut manquer d'être frappé de l'inégale répartition de la terre et des mers. D'abord celles-ci l'emportent de beaucoup en étendue, car elles couvrent près des trois quarts de la superficie du globe. En outre, la majeure partie de la terre ferme est concentrée dans l'hémisphère boréal, où les masses continentales s'épanouissent, en quelque sorte, dans les latitudes moyennement élevées, tandis qu'elles n'envoient, dans l'hémisphère austral, que des prolongements de forme pointue. Inversement les océans, largement soudés au sud, se terminent en pointe dans le nord. Alors que le pôle boréal est occupé par une mer, à la vérité envahie par les glaces, c'est un continent qui, selon toute probabilité, surgit au pôle antarctique, où il sert d'appui à d'énormes banquises.

Cette opposition diamétrale des terres et des mers est si marquée, qu'en prenant pour pôle un point situé à peu de distance à l'ouest de Londres, on peut former un hémisphère où la superficie continentale serait égale à la superficie océanique, tandis que, dans l'autre, il y aurait plus de huit parties de mer pour une seule partie de terre. De plus, un vingtième seulement de la superficie continentale du premier hémisphère aurait, dans le second, ses antipodes représentés par de la terre ferme.

Enfin, d'un bout à l'autre du globe, dans l'hémisphère boréal, des golfes ou des mers intérieures (golfe du Mexique, Méditerranée, mer Rouge et golfe Persique, mers indiennes et polynésiennes) partagent en deux moitiés les masses continentales, comme s'il y avait eu dans l'écorce terrestre, à peu de distance de l'équateur, quelque cause de faiblesse, capable de déterminer par affaissement la formation d'un sillon presque continu.

**Valeur du relief. Signification de l'aplatissement du globe.** — Nulle part la surface de la terre ferme ne dépasse d'une grande quantité le niveau de l'Océan; car même les plus hautes montagnes (8800 mètres dans l'Himalaya) ne représen-

tent pas la sept-centième partie du rayon terrestre. Aussi est-il impossible de les rendre sensibles aux yeux sur un dessin à petite échelle de notre globe. Il y a d'ailleurs parité de valeur entre l'altitude de ces cimes culminantes et la plus grande profondeur des mers (8300 mètres dans le Pacifique). Si le relief des continents était uniformément réparti sur toute leur surface, l'altitude moyenne de la terre ferme serait d'environ sept cents mètres. Quant à la profondeur moyenne des mers, elle est d'un peu moins de quatre mille mètres, de telle sorte que le volume total de la masse océanique (en tenant compte des superficies réciproques) est égal à environ quinze fois celui des terres émergées. Néanmoins, si l'on réfléchit qu'une profondeur de 4000 mètres ne représente que la seize-centième partie du rayon terrestre, on aura le droit d'en conclure que, malgré son importance relative, la nappe océanique ne forme en réalité qu'une mince enveloppe au-dessus de la partie solide du globe, dont la surface diffère peu, par conséquent, de celle de l'Océan. D'ailleurs, en vertu des lois de l'équilibre d'une masse fluide soumise à un mouvement de rotation, la surface libre des mers, sollicitée par la force centrifuge, est aplatie au pôle et renflée à l'équateur, où elle fait, au-dessus d'un globe idéal supposé sphérique, une saillie évaluée à 21 kilomètres, soit à peu près un trois-centième du rayon.

Il résulte donc de la coïncidence signalée que la terre ferme, elle aussi, affecte une figure d'équilibre, et comme une telle figure est le privilège des corps fluides, cela donne une grande probabilité à l'hypothèse d'après laquelle notre globe aurait traversé un état initial de fluidité.

**Complication des continents.** — La répartition des détails du relief est aussi très intéressante à étudier. Il s'en faut de beaucoup que ce qu'on appelle un continent soit une unité homogène, où l'altitude croisse régulièrement depuis les rivages maritimes jusqu'à une partie centrale culminante, formant soit un massif, soit une arête allongée. C'est ce dont il est aisé de se rendre compte en consultant, non plus les anciennes cartes géographiques, où les lignes de relief étaient figurées très arbitrairement par des hachures de convention, mais les cartes *hypsométriques* des nouveaux atlas, où des courbes de niveau réunissent tous les



points de même altitude, en même temps que les zones d'égal relief moyen sont accusées par une teinte uniforme.

Si l'on procède ainsi pour l'Europe, par exemple, on verra que ce continent débute, dès le détroit de Gibraltar; par un plateau de 700 mètres d'altitude moyenne, le plateau ibérique, dont la partie culminante est justement appuyée au rivage méditerranéen, si bien que, pendant quelque temps, la *ligne de partage des eaux*, entre l'Atlantique et la Méditerranée, est obligée de suivre presque exactement ce rivage. Ensuite, cette ligne côtoie le bord oriental du plateau espagnol, jusqu'à ce qu'elle ait réussi à atteindre les Pyrénées, dont elle épouse la crête jusqu'à l'Ariège. Mais alors il faut que, par les Corbières, elle vienne errer, en quelque sorte, dans la dépression par laquelle le bassin atlantique se relie sans difficulté avec celui de la Méditerranée. Quand elle a franchi le col, elle voit la masse des Cévennes se dresser au-devant d'elle; mais c'est moins une chaîne proprement dite que le bord extrême et culminant du plateau central de la France, grand massif haut de 600 mètres en moyenne et se relevant de plus en plus vers l'est. La ligne de partage en suit le bord et continue de là jusqu'en Lorraine, non pour atteindre la crête des Vosges, mais pour passer, au pied de ces montagnes, dans un col qui la conduit enfin au Jura. Mais à peine a-t-elle suivi quelque temps le faite de cette chaîne qu'elle descend brusquement dans l'insignifiante dépression qui sépare le lac de Genève de celui de Neuchâtel, c'est-à-dire le bassin de la Méditerranée de celui de la mer du Nord.

Alors seulement la ligne de partage pénètre dans les grandes Alpes, mais pour les abandonner bien vite et chercher, comme à l'aventure, un chemin mal défini entre le lac de Constance et le Danube; après quoi son parcours continue, capricieux et compliqué, au sud de la Franconie et de la Bohême, et trouve tout juste un passage entre la source de l'Oder et les affluents du Danube. Puis, ayant longé les Carpathes, elle vient définitivement s'évanouir dans le grand plateau russe, au milieu de ces marécages où, suivant l'abondance ou la direction des pluies, l'eau pourrait s'écouler tantôt dans la Baltique, tantôt dans la mer Noire. Pendant ce temps, le grand arc formé par les Alpes,

les monts de Bohême et les Carpathes enferme, en quelque sorte, les eaux danubiennes dans le bassin plat de la Hongrie, où elles pénètrent en forçant un véritable défilé, pour s'échapper à l'autre bout par une coupure plus étroite encore, celle des Portes de Fer.

Ainsi, au lieu d'un relief central nettement défini, envoyant à droite et à gauche des contreforts, comme des membres qui se détachent d'un tronc commun, nous voyons partout des massifs largement étalés, ou des bassins plats qu'entourent de hautes chaînes, souvent rompues par les cours d'eau aux points où il semble qu'il ait dû être le plus difficile de les franchir. En résumé, le continent européen s'offre à nous comme un ensemble compliqué, morcelé, portant la trace évidente de mille actions successives, et l'on devine que ses traits particuliers, souvent contradictoires, ne peuvent se justifier que par la connaissance de la série des événements antérieurs; absolument comme l'histoire de la formation d'un peuple peut seule donner la clef de ses particularités physiques et morales, dont chacune est un héritage du passé.

**Situation des lignes de relief; sa signification.** — Il faut ajouter que rarement on observe un passage graduel entre les plaines et les montagnes. Comme les Pyrénées au-devant de la plaine aquitanaise, comme le Jura en face de la plaine suisse, les Alpes en face de la plaine lombarde, les monts Scandinaves devant la mer du Nord, l'Himalaya au nord du plateau indien, etc., les montagnes surgissent d'ordinaire brusquement, sous la forme de chaînes alignées dont un versant est en général plus raide que l'autre. De plus, au lieu de se trouver au milieu des continents, elles en occupent plus souvent les bords, faisant directement face, soit à l'océan, soit à une dépression marquée.

Ainsi la Sierra Nevada, la chaîne la plus élevée de l'Espagne, est en quelque sorte collée contre le rivage méditerranéen. Les Pyrénées, si progressivement préparées du côté espagnol, se dressent comme une muraille abrupte en face de la dépression aquitanaise. Le Jura est formé d'une série de chaînons parallèles d'altitude croissante, dont le plus élevé domine comme une falaise la plaine suisse. Le plateau central de la France, si doucement incliné vers l'ouest, se relève constamment, comme



nous l'avons déjà dit, à l'est, où son bord forme la chaîne des Cévennes, surgissant brusquement au-dessus de la dépression où coule le Rhône.

La même loi gouverne le relief du fond des mers. Les îles, qui ne sont autre chose que les sommets de montagnes en partie submergées, forment aussi des chaînes, aux versants assez abrupts, limitant des portions déprimées du lit de l'océan. Telles sont les Antilles, les Aléoutiennes et la plupart des îles de la Polynésie. Si les portions que ces chaînes entourent venaient à se soulever en masse, la terre ferme s'enrichirait de nouveaux territoires, limités par des bourrelets montagneux, et en tout semblables à ces plaines de l'Asie, dont le fond est occupé par des lacs sans écoulement, tandis que les hautes chaînes de l'Himalaya, du Kuen-Lun et du Thian-Chian en définissent les limites.

Une telle similitude de constitution semble autoriser l'idée d'une commune origine, d'autant plus que les lacs des dépressions continentales se révèlent, par leur salure, comme d'anciens bassins maritimes. Par là on se trouve conduit à penser que la formation de la terre ferme a dû être progressive, chaque continent s'agrandissant par l'émersion des fonds de mers voisins. De cette manière, toute la surface terrestre pourrait être comparée à une sorte de marqueterie, composée de compartiments plats, dont le centre aurait fléchi, tandis que des dislocations d'allure rectiligne en relevaient brusquement les bords.

Mais avant de voir jusqu'à quel point cette conception est justifiée par la structure intime de l'écorce, il importe de poursuivre l'examen des formes actuelles du globe, en étudiant la répartition des conditions physiques à sa surface.

## § 3

## RÉPARTITION DE LA TEMPÉRATURE

**Zones de climats; leur irrégularité.** — Nous avons déjà dit comment les données astronomiques relatives à notre planète déterminaient, avec la succession du jour et de la nuit, le jeu régulier des saisons. Ces mêmes conditions, en tenant compte

de l'obliquité plus ou moins grande des rayons solaires, occasionnent le partage de chaque hémisphère en trois zones : la zone *torride*, où la durée du jour diffère peu de celle de la nuit, et dont chaque point voit une fois par an le soleil au zénith; la zone *tempérée*, où les étés aux longs jours alternent avec les hivers aux longues nuits; enfin la zone *glaciale*, dont le climat trouve sa suprême expression au pôle, dans cette nuit de six mois qui succède à un jour d'égale durée, mais pendant lequel le soleil n'envoie que des rayons rasants.

Si la surface du globe offrait partout une égale distribution des deux éléments, liquide et solide, rien ne troublerait l'uniformité des zones de climats. Chacune d'elles s'étendrait sans irrégularités d'une extrémité du monde à l'autre, et les lignes menées par tous les points de la terre en possession d'une même température moyenne annuelle, c'est-à-dire les *isothermes*, seraient partout des cercles, exactement parallèles à l'équateur.

Il n'en est pas ainsi, et cela pour plusieurs raisons. D'une part, à mesure qu'on s'élève, l'air se raréfie, devient plus sec et est de moins en moins apte à absorber la chaleur solaire pour en faire profiter les corps qu'il baigne; perdant ainsi, dans nos régions, à peu près un degré centigrade par 170 mètres. Par suite, les districts continentaux de grande altitude ont une température notablement inférieure à celle qui règne, au niveau de la mer, sur le même parallèle de latitude. D'autre part, la terre ferme s'échauffe et se refroidit plus vite que la mer, ce qui introduit, à latitude égale, une différence sensible entre l'intérieur des continents et leurs rivages. Enfin, dans les pays sujets aux chutes de neige, le blanc manteau qui en hiver séjourne sur le sol paralyse, à l'égard de ce dernier, l'action bienfaisante du soleil. Aussi, dans ces contrées, la terre ferme agit-elle en *exagérant* les différences entre l'hiver et l'été, tandis que, sur l'océan et dans son voisinage immédiat, l'élément liquide intervient au contraire comme un *régulateur*, absorbant à l'état latent une partie de la chaleur du jour ou de l'été, pour la restituer ensuite, par le mécanisme de la condensation, dans la nuit ou pendant la saison froide. De là vient qu'il y a des îles, comme Madère, où règne une température à peu près exempte de tous autres changements que les variations diurnes,



alors que certains pays continentaux, tels que l'intérieur de la Russie, voient, dans le cours d'une année, la température moyenne mensuelle s'élever ou s'abaisser de *vingt-cinq à trente degrés*.

**Rôle des courants.** — Ce n'est pas tout. Lorsque, dans une masse fluide, que ce soit l'air ou l'eau, des différences de température se produisent, il s'établit aussitôt des courants, *courants atmosphériques* et *courants marins*, qui tendent à rétablir l'équilibre. Si quelques-uns de ces courants, ceux qui règnent dans la zone équatoriale, sont à peu près indépendants de la répartition des terres et des mers, il en est autrement dans les latitudes tempérées, où l'influence exercée par les continents sur le transport des masses fluides (influence qui parfois change avec les saisons) est souvent assez forte pour modifier profondément les conditions normales du climat. Par exemple, le *Gulf-stream*, ce fleuve d'eau chaude issu du Golfe du Mexique, où les eaux de l'Atlantique, poussées par les vents d'est, se concentrent et s'échauffent comme dans une vaste chaudière, pour s'échapper ensuite avec une grande vitesse par le détroit de Bahama, le *Gulf-stream*, disons-nous, adoucit considérablement le climat de l'Europe septentrionale. Au contraire, certains courants froids, qui longent les côtes américaines, y contre-balancent en quelques points l'effet d'une température tropicale. De même il y a des courants d'air sec assez puissants pour assujettir au régime des déserts jusqu'à certaines îles situées en plein océan.

## § 4

## RÉPARTITION DE LA VIE

**Variété des formes vitales.** — Par suite des différences qui viennent d'être signalées, le globe *tel qu'il est aujourd'hui*, c'est-à-dire pourvu d'un relief très inégal et d'une grande complication dans les contours océaniques, offre une extrême variété de conditions physiques. Et comme ces conditions, degré de chaleur, variations plus ou moins brusques ou plus ou moins étendues de la température, abondance plus ou moins grande

de l'humidité, etc., sont ce qui influe par-dessus tout sur le monde organique, animal ou végétal, la vie revêt à la surface des continents, comme dans les mers, une infinie variété de formes. Le monde se partage donc en *provinces, botaniques* ou *zoologiques*, les unes *terrestres*, les autres *marines*, dont chacune est caractérisée par un ensemble de formes qui lui sont propres.

**Faunes marines littorales; faune abyssale.** — Toutefois, en ce qui concerne les animaux marins, cette diversité organique ne se manifeste que sur les espèces de surface, celles qui vivent près du rivage, composant ce qu'on appelle les *faunes littorales*. Tout autre est la population des grandes profondeurs, au-dessous d'une couche superficielle peu épaisse, qui seule ressent les variations de la chaleur extérieure. Là règne une température uniforme qui, dans les océans largement ouverts, est voisine de zéro, parce que l'eau froide des pôles, plus lourde, descend et afflue librement sur le fond. Dans ce milieu exempt de toute agitation, où la lumière du soleil ne pénètre pas, une faune spéciale se développe, indépendante des latitudes; c'est la faune des abîmes ou *abyssale*, aussi monotone que les faunes littorales sont riches et variées.

Un tel contraste est frappant et sa signification s'accroît encore, quand le zoologiste nous apprend à reconnaître, parmi les formes abyssales, bon nombre de types étroitement alliés à des espèces disparues, qu'on ne retrouve plus qu'à l'état fossile. C'est une raison pour penser que la diversité actuelle des conditions extérieures n'a pas toujours existé et qu'elle n'a cessé de se prononcer durant le cours des âges, pour atteindre, avec l'époque où nous sommes, son plus haut degré de complication.

**Espèces isolées, espèces disjointes. Conclusion.** — En tout cas, les faunes et les flores de surface du temps présent abondent en espèces *isolées*, c'est-à-dire dépourvues de tout lien avec les types organiques contemporains, au milieu desquels elles semblent dépaysées, tandis qu'elles forment la suite naturelle et comme le dernier anneau d'une chaîne d'antécédents fossiles. Quand de ce fait on rapproche celui des espèces *disjointes*, c'est-à-dire cantonnées aujourd'hui dans des districts déterminés,



sans qu'on en observe aucune trace dans les régions intermédiaires, il devient difficile d'échapper à cette conclusion : que le monde actuel n'est pas une unité homogène; que les groupes organiques, aussi bien que les détails du relief, y sont loin d'avoir tous la même antiquité; en un mot, que l'état de choses au milieu duquel nous vivons est la *résultante* d'une longue suite de transformations, dont chacune a laissé à la surface une empreinte plus ou moins reconnaissable.

Par quel mécanisme ces transformations se sont-elles effectuées? C'est ce que nous pouvons espérer de découvrir, en dirigeant notre attention vers les changements dont nous sommes chaque jour témoins.

---

## CHAPITRE II

### DYNAMIQUE TERRESTRE EXTERNE

---

#### § 1

#### DÉFINITION DE LA DYNAMIQUE TERRESTRE

**Stabilité apparente des formes du globe.** — Quand on jette un coup d'œil sommaire sur le monde qui nous entoure, la première impression qui s'en dégage semble être celle de la *stabilité* des formes et des conditions extérieures.

Le paysage autour de nous demeure immuable, ne subissant d'autres changements que ceux dus à la culture ou aux constructions élevées de main d'homme. Les contours déchiquetés des aiguilles des Alpes sont absolument tels que les a dessinés Saussure, et si l'histoire des montagnes a plus d'une fois enregistré des éboulements considérables, l'importance de ces phénomènes paraît négligeable, à côté de la masse qu'ils ne modifient que par d'insignifiants détails. A peine remarque-t-on, sur

certain points, une différence entre les rivages maritimes actuels et ceux dont les anciens géographes nous ont transmis la description. Chaque année les mêmes époques ramènent des conditions identiques de température. Enfin, si la tradition nous parle de changements survenus à la longue dans le climat de quelques contrées, tantôt l'intervention de l'homme suffit à les expliquer, tantôt il paraît légitime d'y voir des modifications passagères, produites par des causes périodiques, dont le retour régulier doit provoquer la répétition indéfinie des mêmes phénomènes.

**Universalité des actions dynamiques.** — Cependant cette impression n'est qu'une trompeuse apparence, qui tient à la brièveté de la vie humaine, comparée à la lenteur des changements en voie d'accomplissement. Tout se meut autour de nous, même dans les milieux qui semblent le plus inactifs. Partout les forces mécaniques, physiques et chimiques sont à l'œuvre, modifiant les conditions de l'écorce pour produire à chaque instant de nouveaux états d'équilibre, bientôt destinés à disparaître pour faire place à d'autres. Deux catégories de forces ou *agents dynamiques* s'emploient à cette transformation; les unes sont extérieures à notre globe et forment ce que nous appellerons le jeu de la *dynamique terrestre externe*; les autres ont leur siège dans les profondeurs de l'écorce et leur ensemble constitue la *dynamique terrestre interne*. Il convient d'examiner l'un après l'autre ces deux ordres de faits.

**Principe fondamental de la dynamique externe.** — Le principe essentiel de la dynamique externe réside dans la *chaleur solaire*. C'est cette chaleur qui vaporise l'eau des océans et la fait passer à l'état de vapeur dans les masses atmosphériques, d'où elle se précipite en pluie sur la terre ferme, entraînant sur son passage tous les matériaux meubles qu'elle peut déplacer. C'est elle qui fait naître les vents et lance à l'assaut des rivages les vagues de la mer. C'est elle enfin qui permet, à la surface du globe, l'accomplissement des réactions de toute nature, par lesquelles la consistance et la composition de l'écorce superficielle sont incessamment modifiées.

D'une manière générale, on peut donner de la dynamique externe la définition suivante : c'est la *réaction exercée sur l'écorce*