



# La planète Terre

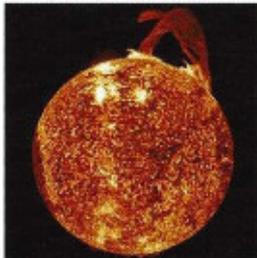
### UNE PLANÈTE À PART



Troisième planète la plus proche du Soleil, la Terre occupe une place à part dans le système solaire. Sa position lui a fait bénéficier de conditions favorables au développement de la vie, et sa singularité ne s'arrête pas là. En effet, la Terre est unique pour de multiples raisons : c'est la seule planète dont la surface se renouvelle en permanence, par le jeu d'un mécanisme dynamique de formation et de destruction ; seule planète également à posséder de l'eau à l'état liquide.

### AUX ORIGINES DE LA TERRE

C'est aux alentours du **Soleil**, il y a 4,5 milliards d'années, qu'il faut



chercher les origines de la Terre. La formation de la « planète bleue » résulterait au départ de l'accrétion de matière dans un nuage de poussières et de gaz gravitant autour du Soleil primitif. Cette matière a dans un premier temps formé des corps isolés qui se sont eux-mêmes regroupés en un corps unique : la Terre primitive. Au cours de cette accrétion, les particules en mouvement se sont entrecroisées, entraînant une libération d'énergie sous forme de chaleur. Une chaleur telle qu'une grande partie de la matière a fondu. En outre, la gravité a imposé aux différents éléments composant la Terre primitive une répartition précise : les plus lourds, comme le fer et le nickel, ont été concentrés vers le centre pour former le noyau ; les éléments légers, comme le silicium et l'aluminium, se sont quant à eux retrouvés en périphérie pour former le manteau. À la surface de cette planète en devenir, le refroidissement a entraîné la formation d'une croûte, proie au bombardement de météorites qui

n'ont cessé de la déformer. Elle subit aussi l'action de très nombreuses éruptions volcaniques, d'une intensité rare. Ces dernières ont engendré la libération d'une quantité très importante de gaz, à l'origine de l'atmosphère primitive, dénuée d'oxygène. Parmi eux, citons l'azote qui compose 78 % de notre atmosphère actuelle, mais aussi le dioxyde de carbone. Si une grande partie de celui-ci a été piégé par les roches, l'autre a engendré un effet de serre modéré, permettant de réchauffer l'atmosphère et de l'amener jusqu'à une température d'environ 20 °C. Le **volcanisme** a



également eu pour effet de rejeter de très grandes quantités de vapeur d'eau dans l'atmosphère. En se condensant sous l'effet du froid, l'eau est peu à peu retombée à la surface de la Terre, remplissant les cavités et donnant progressivement naissance aux océans. Ce sont tous ces phénomènes qui ont permis, alors que la Terre était âgée de 500 millions d'années, l'apparition des premières molécules de la vie.

### PORTRAIT DE PLANÈTE

#### LA TERRE AU SEIN DU SYSTÈME SOLAIRE



Au **xv<sup>e</sup>** siècle, le Polonais **Nicolas Copernic** imagine un univers centré sur le Soleil, un système dit « héliocentrique ». Un siècle plus tard, grâce à la mise au point de la lunette astronomique, Galilée confirme l'hypothèse de Copernic. Mais l'Église ne l'entendait pas ainsi : la Terre doit être au centre de l'univers et le Soleil tourne autour d'elle. Les grands prêtres de l'Inquisition intentèrent un procès à Galilée qui ne trouva grâce qu'après avoir renié publiquement sa théorie. C'est dans ces circonstances qu'il aurait chuchoté la célèbre phrase : « Et pourtant, elle tourne. » Il fallut attendre 1757 pour que l'Église accepte que la thèse de l'héliocentrisme soit enseignée. En effet, la Terre, comme les huit autres planètes du système solaire (Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton),

grave autour du Soleil. Elle suit une orbite elliptique située dans le « plan de l'écliptique ». Sa distance par rapport au Soleil varie : elle est de 147 103 000 km au 1<sup>er</sup> janvier et de 152 105 000 km au 1<sup>er</sup> juillet et sa vitesse de révolution est de 30 km/s. La Terre, en plus de tourner autour du Soleil, tourne également sur elle-même. Elle effectue une rotation complète en 23 heures 56 minutes et 4 secondes selon un axe incliné de 23°27' sur le plan de l'écliptique.

#### LA FORME DE LA TERRE

Les premiers récits connus traitent de la description de la Terre la présentent comme une planète plate. Ce sont les Grecs qui émettent l'idée que la planète n'était pas plate mais sphérique. Au troisième siècle avant notre ère, Ératosthène estima déjà la circonférence de la Terre avec une précision surprenante puisque son erreur n'excédait pas 10 % : le chiffre qu'il avançait à l'époque était de 44 000 km, alors qu'il est aujourd'hui avéré que cette valeur est de 40 076 km ! L'idée d'une Terre plate perdura malgré tout jusqu'au Moyen-Âge.

Plus tard, au **xv<sup>e</sup>** siècle, **Newton** affina les connaissances en émettant l'hypothèse que la Terre n'est pas une sphère parfaite mais plutôt un ellipsoïde. Il asseyait son raisonnement sur le fait que la planète était



fluide lors de sa formation et que la force centrifuge due à sa rotation avait entraîné un aplatissement au niveau des pôles. Deux expéditions dédiciées par l'Académie des sciences, au **xv<sup>e</sup>** siècle, vinrent vérifier les dires de Newton. Leur but était de mesurer la longueur de deux segments équivalents à un degré de latitude. Une équipe réalisa cette mesure au niveau du pôle et l'autre la fit à l'équateur. Dans le cas d'une planète parfaitement sphérique, les deux valeurs obtenues auraient été identiques. Et ce ne fut pas le cas : l'arc de méridien était plus long au pôle qu'à l'équateur, prouvant ainsi que la Terre était bien aplatie aux pôles.

Le **xv<sup>e</sup>** siècle, avec l'avènement de l'**observation satellitaire**, apporta



à son tour son lot de précisions. On remarqua que, si la Terre était bel et

bien un ellipsoïde, sa surface n'était pas lisse comme on l'imaginait, mais ondulée. Certaines de ces irrégularités sont le reflet des différents reliefs présents à la superficie de la Terre, comme les fosses océaniques, mais d'autres s'étalent sur plusieurs milliers de kilomètres et sont le résultat de la répartition non uniforme des masses au niveau du manteau terrestre. Les mensurations de ce « géoïde » – terme consacré pour désigner l'ellipsoïde irrégulier qu'est la Terre – sont les suivantes :

- **circonférence à l'équateur** : 40 076 km
- **diamètre équatorial** : 12 756 km
- **diamètre polaire** : 12 713 km
- **Masse** : 5,98.10<sup>24</sup> kg

#### UN SATELLITE UNIQUE : LA LUNE

Si la **Lune** est le seul satellite de la Terre, sa taille n'en reste pas moins



remarquable. Son diamètre de 3 476 km représente plus de 25 % de celui de la planète autour de laquelle elle gravite. Terre et Lune sont aujourd'hui distantes de 384 000 km. Cet imposant diamètre et la relative proximité des deux astres engendrent des influences réciproques. En effet, la Lune subit l'attraction terrestre mais la Terre est elle aussi sous l'influence de son satellite. Un témoin de cette interaction est le **phénomène des marées**, résultant de l'attraction



exercée par la Lune sur les océans. Le décalage journalier de ce phénomène résulte du fait que la Terre tourne sur elle-même en 24 heures alors que la Lune effectue une révolution complète autour de la terre en un peu plus de 27 heures. De nombreuses théories se sont succédé pour expliquer la formation de ce satellite qui ne pèse aujourd'hui pas moins de 7.10<sup>22</sup> kg. Celle prévalant actuellement date des années 1970. La Lune résulterait d'une collision, il y a 4,5 milliards d'années, entre une planète errante et la Terre. Le choc aurait engendré l'éjection de matière provenant des couches externes de la Terre ainsi que de l'astre errant. Ces débris se

seraient agglomérés pour donner naissance à la Lune.

Lors de sa formation, la Lune était plus proche de la Terre qu'elle ne l'est aujourd'hui, à environ 50 000 km. Son éloignement progressif découle des interactions entre les forces gravitationnelles de chacun des astres. Actuellement à une distance de plus de 380 000 km, la Lune continue de s'éloigner, à raison de 4 cm par an.

### UNE ATMOSPHÈRE PROTECTRICE

Trois des planètes du système solaire possèdent une atmosphère : Vénus, Mars et la Terre (Mercure en a possédé une mais elle a disparu). Néanmoins, seule celle de la Terre a permis de stabiliser la température et de protéger des rayonnements nocifs, de telle sorte que la vie a pu se développer.

#### STRUCTURE

L'**atmosphère terrestre** est composée de cinq couches



successives dont la dernière assure la transition avec l'espace intersidéral.

#### La troposphère

La **troposphère** est la zone de l'atmosphère la plus proche de la surface de la Terre. On considère généralement que sa limite supérieure – appelée la tropopause – se situe à 10 km d'altitude. Son nom vient du terme grec *tropos*, qui signifie tourner. En effet, la troposphère est caractérisée par de nombreuses turbulences, mouvements de masses d'air, verticaux et horizontaux. La température y décroît progressivement d'environ 6,5 °C tous les kilomètres, jusqu'à atteindre -60 °C au niveau de la tropopause. C'est dans cette zone que se situe la quasi-totalité de l'eau de l'atmosphère, eau qui participe au maintien de la température à la surface de la Terre ainsi qu'aux phénomènes météorologiques.

#### La stratosphère

Au-delà de la tropopause se trouve la **stratosphère**. Elle s'étend de 10 km à environ 50 km d'altitude. Cette fois-ci, la température augmente à mesure que l'on grimpe

### La Terre numérique

4,5 milliards d'années  
Âge de la Terre.

3,8 milliards d'années  
Apparition de la vie sur Terre.

40 076 km  
Circonférence de la Terre.

5,98.10<sup>24</sup> kg  
Masse de la Terre.

384 000 km



Distance Terre - Lune.

4 cm / an  
Vitesse à laquelle s'éloigne la Lune de la Terre.

362 millions de km<sup>2</sup>



Surface totale des océans.

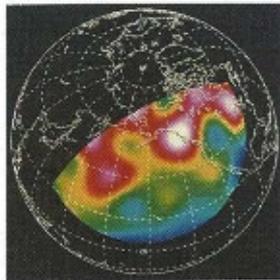
1,35 milliards de km<sup>3</sup>  
Volume total estimé des océans.

La **diamètre équatorial**



12 756 km

dans cette couche, et ce jusqu'à un maximum d'environ 0 °C au niveau de la stratopause (limite supérieure de la stratosphère). Son action protectrice est primordiale puisque c'est cette partie de l'atmosphère qui contient la fameuse **couche d'ozone**,



dont la concentration est maximale aux alentours de 25 km. Elle assure un rôle de filtration des rayons ultraviolets contenus dans la lumière solaire. Ces derniers sont ainsi absorbés, évitant ainsi les effets nocifs, destructeurs et cancérogènes, sur les organismes vivants.

#### La mésosphère

La mésosphère, couche comprise entre 50 et 80 km, est caractérisée par une chute de température qui atteint, au niveau de la mésopause (limite supérieure de la mésosphère), - 90°C. La concentration en particules diminue également de manière remarquable.

#### La thermosphère

Située entre 80 et 500 km, la thermosphère voit sa température remonter. Cependant, les particules s'y faisant de plus en plus rares et les mesures de température rendant compte de l'agitation de ces mêmes particules, il n'est possible de donner qu'une valeur théorique qui serait d'environ 1 000 °C aux alentours de 300 km d'altitude. C'est à ce niveau que se trouve une zone singulière appelée « ionosphère ». Elle présente la particularité d'être riche en particules chargées émanant du Soleil. Ces dernières génèrent des courants électriques à l'origine de phénomènes que l'on peut ressentir à la surface de



la Terre. C'est le cas des **aurora polaires** : ces manifestations lumineuses sont accompagnées de phénomènes électromagnétiques qui perturbent la propagation des ondes hertziennes. La limite supérieure de la thermosphère est appelée thermopause.

#### L'exosphère

Plus qu'une réelle couche, l'exosphère est plutôt une zone de transition entre l'atmosphère et l'espace. Si elle débute à une altitude d'environ 500 km, elle n'a pas réellement de limite supérieure. Avec l'altitude, l'attraction terrestre diminue et ne retient plus que très peu de particules. La quantité de matière diminue donc petit à petit, jusqu'à atteindre le vide spatial. C'est dans

l'exosphère que se trouvent la plupart des satellites gravitant autour de la Terre.

#### COMPOSITION

Lors de sa formation, l'atmosphère était totalement dénuée d'oxygène. À l'époque, elle était composée de 80 à 95 % de vapeur d'eau. Les autres éléments importants étaient le dioxyde de carbone (10 à 20 %) et l'azote (1 à 4 %). Deux phénomènes ont participé à l'évolution de l'atmosphère primitive vers l'atmosphère actuelle : le dégazage du manteau terrestre et la photosynthèse. Le premier est responsable de l'augmentation très importante de la concentration d'azote. Le second, qui se déroule maintenant depuis 2,5 milliards d'années, a engendré l'apparition de l'oxygène. Ainsi, aujourd'hui, la composition de l'atmosphère terrestre est la suivante :

- Azote : 78,09 %
- Oxygène : 20,9 %
- Argon : 0,93 %
- Dioxyde de carbone : 0,035 %
- Néon, hélium, méthane, krypton, ozone, etc. : sous forme de traces.

#### STRUCTURE DE LA TERRE

La terre est en réalité formée de trois sphères concentriques, emboîtées les unes dans les autres. De la périphérie au centre, on trouve : la croûte terrestre, le manteau et le noyau.

#### LA CROÛTE

Avec une épaisseur allant de 7 à 70 km, la croûte constitue la **partie superficielle de la Terre**, c'est-à-dire



qu'elle compose d'une part le plancher des océans et d'autre part les continents. On parle respectivement de croûte océanique et de croûte continentale.

#### La croûte océanique

La croûte océanique est la moins épaisse : entre 5 et 8 km. Elle est recouverte par les océans, c'est-à-dire non seulement par l'eau mais aussi par la couche de dépôts de sédiments qui en compose le fond. On a coutume de dire que la croûte océanique est jeune, du fait de son renouvellement permanent. En effet, elle résulte de l'activité des volcans sous-marins, situés au niveau des dorsales océaniques. C'est la lave basaltique qu'ils émettent qui, en refroidissant, forme cette croûte. À l'inverse, cette même croûte va être détruite pour alimenter le manteau. Ce phénomène se déroule au niveau des zones de subduction. Une plaque lithosphérique plonge sous sa voisine et pénètre dans le manteau. La croûte, froide, arrive alors dans une zone d'intense chaleur dans laquelle elle fond. Elle alimente ainsi la couche inférieure. Ce processus dynamique permet donc de recycler la croûte océanique.

#### La croûte continentale

Beaucoup moins dense que sa cousine océanique, la croûte continentale représente environ 40 % de la surface de la Terre mais ne correspond qu'à 0,3 % de sa masse. Ceci est dû à sa composition, essentiellement des roches sédimentaires, magmatiques et métamorphiques, toutes trois riches en silicium, aluminium ou potassium, des éléments légers. Cette superposition de couches rocheuses, témoin des âges et stades successifs de la Terre, confère une certaine hétérogénéité à la croûte continentale. Son épaisseur est de 35 km en moyenne, mais varie de 10 à plus de 70 km au niveau des hauts reliefs montagneux.

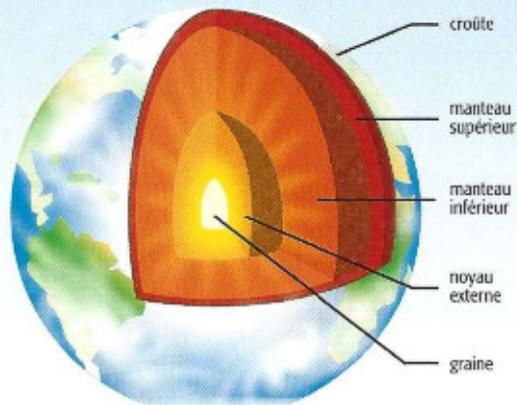
#### LA LIMITE CROÛTE / MANTEAU

La limite entre la croûte et le manteau est marquée par un changement de composition des roches. On la nomme « discontinuité de Mohorovicic », ou plus simplement « moho ». C'est à ce niveau que se trouve une zone, d'une centaine de kilomètres d'épaisseur, englobant la croûte et la partie superficielle du manteau : la lithosphère. Il existe 12 plaques lithosphériques qui se rapprochent, s'éloignent ou glissent les une contre les autres, à une vitesse d'environ 1 à 15 cm par an. Ces mouvements sont plus connus sous le terme de tectonique des plaques. La formation de ces plaques a lieu au niveau des dorsales et leur disparition se déroule au niveau des fosses océaniques. La genèse de volcans autour des fosses océaniques, l'activité sismique ou encore la formation des chaînes de montagnes, sont le résultat de cette dynamique.

#### LE MANTEAU

S'étendant de 30 à 2 900 km de profondeur, le manteau représente plus de 83 % du volume de la Terre. La transformation des minéraux qui le composent, sous l'effet de l'évolution des conditions de pression et de température, ont permis de définir trois zones en son sein, délimitées par deux discontinuités. En périphérie, on trouve le manteau supérieur. Principalement composé d'oxygène (58 %), il possède également du magnésium (20,4 %), du silicium (15,9 %) du fer (2,2 %), de l'aluminium (1,8 %) et du calcium (1,3 %). La première discontinuité se situe à 400 km de profondeur. Elle correspond à une discontinuité de phase, c'est-à-dire à un réarrangement des atomes dans les minéraux. Une deuxième discontinuité, située à 670 km de profondeur, a la même signification. Entre les deux, on parle de zone de transition. En s'enfonçant encore plus, on atteint le manteau inférieur qui s'étend de 670 à 2 900 km de profondeur. L'étude du manteau est d'autant plus difficile que les seules informations directes dont disposent les géophysiciens sont les roches contenues dans les laves émises par certains volcans. Les autres résultats proviennent de l'analyse de la propagation des ondes sismiques, tantôt ralenties, tantôt accélérées, en fonction de la composition du milieu. De ce fait, si la structure du manteau semble aujourd'hui établie, sa chimie autour de la discontinuité des 670 km reste sujette à débats.

## Structure de la Terre



#### LA LIMITE MANTEAU / NOYAU

La zone de transition entre le manteau et le noyau, appelée D" (D seconde), est au contact de deux milieux distincts : d'une part le manteau inférieur, visqueux et relativement isolant et, d'autre part, le noyau externe, liquide et très conducteur. Caractérisée par un ralentissement des ondes sismiques, elle est le siège d'une activité intense, responsable de l'évolution thermique de la Terre. Elle est, entre autres, à l'origine de la formation des points chauds, ces remontées de panaches qui traversent la lithosphère pour jaillir au niveau de volcans sous-marins.

#### LE NOYAU

Avec un rayon de 3 470 km, la sphère que forme le noyau représente 16 % du volume de la Terre. Composée d'un alliage de fer et de nickel, cette structure centrale se divise en deux zones : le noyau externe, d'une épaisseur de 2 250 km, et le noyau interne, également appelé graine, d'une épaisseur de 1 220 km. Le noyau externe forme une couronne liquide autour d'une boule solide résultant de la cristallisation du fer : la graine. Ce processus de cristallisation a débuté il y a environ 2 milliards d'années et se poursuit encore aujourd'hui, ce qui entraîne une croissance de la graine de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre chaque année. Les conditions qui règnent à ce niveau de la Terre sont impressionnantes : la température est estimée entre 5 000 et 6 000 °C et la pression 3 600 000 fois plus élevée que la pression atmosphérique. C'est le noyau, et plus précisément les mouvements de convection au sein du noyau externe, qui sont responsables du champ magnétique terrestre.

#### LES OCÉANS

Les océans représentent une surface totale de 362 000 000 km<sup>2</sup>, soit près des deux tiers de la surface de la Terre. 77 % de la surface océanique a une profondeur supérieure à 3 000 mètres. Leur volume total est estimé à 1,35 milliard de km<sup>3</sup>, ce qui représente

97,4 % du volume d'eau présent sur la planète. Ces quelques chiffres suffisent à rendre compte de l'importance des océans sur notre planète. Cette énorme quantité d'eau à l'état liquide fait de la Terre une planète singulière. En plus de lui donner sa **couleur bleue**



caractéristique, les océans ont permis, il y a 3,8 milliards d'années, l'apparition de la vie sur notre planète, en abritant les acides aminés qui en furent les premiers éléments.

Ils jouent un rôle majeur dans la régulation thermique de notre planète par le biais d'échanges incessants d'énergie avec l'atmosphère : par rayonnement, en renvoyant une partie de l'énergie solaire ; par conduction, c'est-à-dire par échange de chaleur entre courant d'air chaud et masse d'air froide ; par évaporation, qui fait perdre de la chaleur aux océans et qui la libère dans l'atmosphère par le biais de la condensation.

Ils participent également à la régulation du taux de CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère. En effet, le CO<sub>2</sub> produit par oxydation des matières organiques, par la respiration des animaux ou par la combustion des matières fossiles est en partie capté par les océans, sous forme dissoute ou combiné au calcium dans



les **coquilles des organismes marins**.

Tous ces rôles sont le reflet de l'implication des océans dans les multiples interactions intervenant dans l'équilibre fragile qui règne sur notre planète, équilibre qui permet à la vie de s'épanouir.