

Eclairage scientifique

La machine océanique

Cycles 1, 2, 3 et 4

Résumé

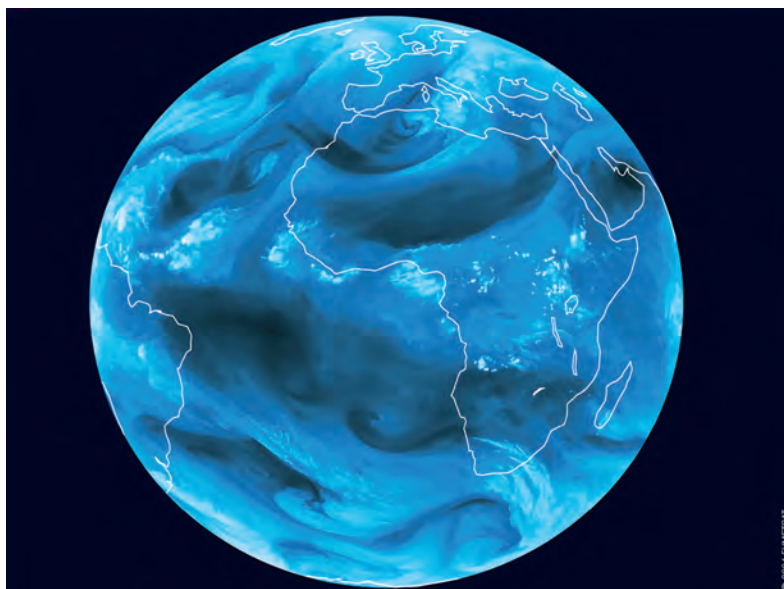
D'où vient l'eau présente sur Terre ? Quel est le cycle de l'eau ? Comment fonctionnent les marées océaniques ? Cet éclairage scientifique et synthétique donne des clés de compréhension sur la machine océanique.

La machine océanique

D'où vient l'eau présente sur Terre ?

L'eau n'est pas très abondante dans l'univers. Elle représente environ un millionième de toute la masse visible. On la trouve néanmoins dans des milieux variés : sous forme de vapeur, dans l'atmosphère des étoiles froides, dans les nuages du milieu interstellaire, dans l'atmosphère des planètes, mais aussi, sous forme de glace, dans les astéroïdes et comètes (et même sur la Lune).

L'eau liquide est beaucoup plus rare car elle ne peut exister que dans un régime assez étroit de température et de pression. On pense qu'il y a eu un vaste océan sur Mars (disparu depuis environ un milliard d'années), et que certains grands satellites (comme Encelade ou Europe) possèdent un océan d'eau liquide caché sous une épaisse couche de glace.



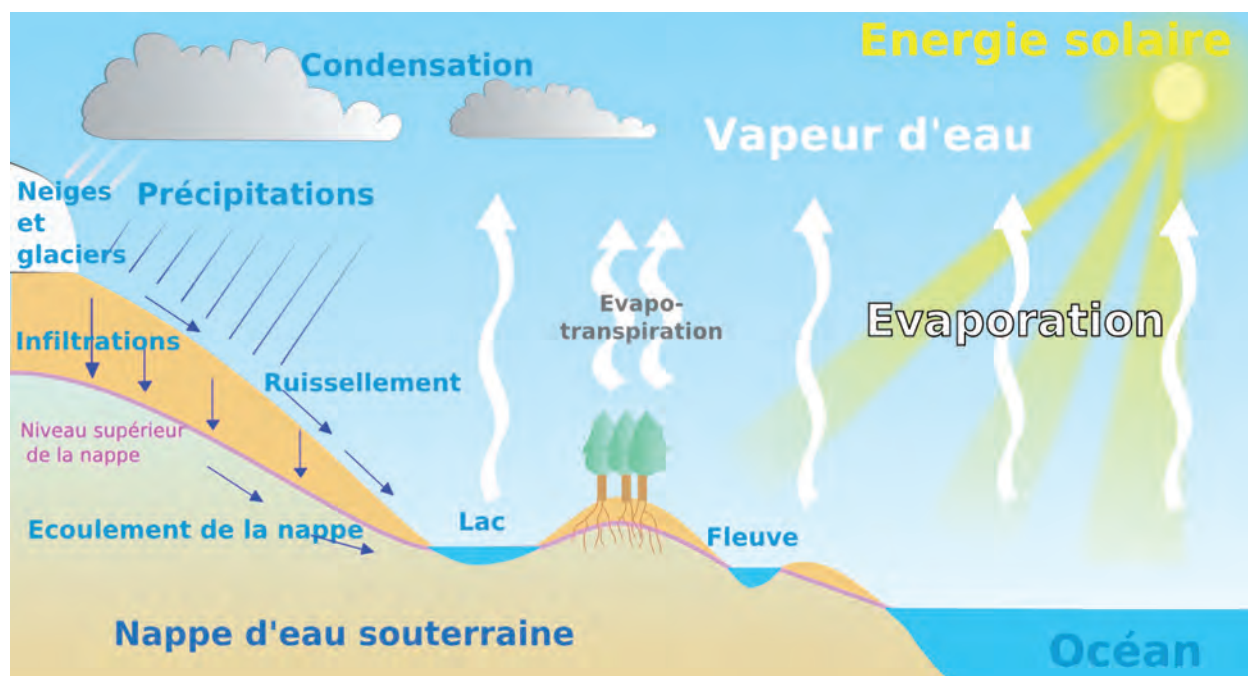
À l'heure actuelle, le seul astre sur lequel on ait trouvé de l'eau liquide en surface est la Terre. La « planète bleue » est en effet située ni trop loin ni trop près du Soleil, et possède une atmosphère dont la pression permet à l'eau liquide d'exister... et en quantité ! Si l'on pouvait aplanir tous les reliefs terrestres, la Terre ressemblerait alors à une sphère parfaite, recouverte d'une couche d'eau liquide de 3 km d'épaisseur. La photo satellite de la page précédente montre la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Au total, on compte près d'un milliard et demi de kilomètres cubes d'eau sur Terre, dont la plus grande partie provient des océans, et se trouve donc sous la forme d'eau salée.

Réservoirs d'eau sur Terre	Répartition
Océans, mers, lacs salés...	97%
Glaciers, calottes glaciaires...	2%
Eaux souterraines	0,9%
Eau douce de surface (lacs, cours d'eau, humidité du sol...)	0,1%
Atmosphère (humidité de l'air, nuages...)	0,001%

Le cycle de l'eau

L'eau est présente sous ses trois états sur Terre : gazeux (vapeur d'eau dans l'air), liquide (océans, rivières, nappes phréatiques, pluie, nuages, etc.), solide (glaciers, banquise, cristaux contenus dans la neige, la grêle et les nuages). Elle est en perpétuelle circulation entre les océans, l'atmosphère et les continents. Il s'agit du cycle de l'eau :

- Le rayonnement solaire enclenche l'évaporation de l'eau des océans, des lacs, des sols et des plantes (on parle d'évapotranspiration pour cette dernière).
- La vapeur d'eau présente dans l'air se condense en fines gouttelettes et forme les nuages, puis retombe sous forme de précipitations sur les océans et les continents.
- Une partie de l'eau qui se retrouve sur les continents ruisselle sur les sols et aboutit aux océans. L'autre partie s'infiltrate dans le sol et alimente les nappes phréatiques (ce stock superficiel alimente l'évaporation directe et la transpiration des végétaux).



L'eau passe donc sans cesse d'un « réservoir » à un autre, avec des temps de résidence très variables : une molécule d'eau passe en moyenne 2 500 ans dans les océans, mais seulement 8 jours dans l'atmosphère.

Temps de résidence d'une molécule d'eau dans chaque réservoir	
Océans	2 500 ans
Eaux continentales	
• Glaciers	1 600 à 9 700 ans
• Eaux souterraines	1 400 ans
• Mers intérieures	250 ans
• Lacs d'eau douce	17 ans pour les grands lacs 1 an pour les autres lacs
• Humidité des sols	1 an
• Rivières	16 jours
Atmosphère	
• Humidité de l'air	8 jours

Ce cycle « naturel » de l'eau est perturbé par le changement climatique en cours depuis la révolution industrielle, avec par exemple une diminution de la quantité d'eau stockée sous forme de glace, comme nous le verrons plus loin, page 30.

Les océans : de l'eau en perpétuel mouvement

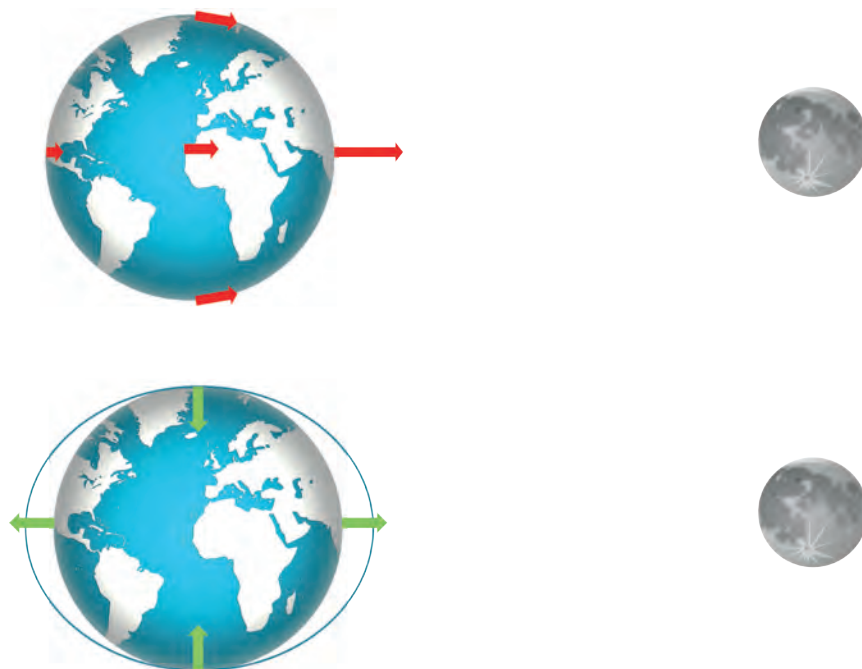
Les marées océaniques sont sans doute un des phénomènes les plus frappants pour ceux qui vivent près des côtes. Galilée les attribuait (à tort) à la rotation de la Terre et ce n'est que bien plus tard que Newton comprit que la clé du phénomène était dans l'attraction gravitationnelle de la Lune et (dans une moindre mesure) du Soleil.

La Lune exerce une force d'attraction gravitationnelle sur notre planète. Cette force est d'autant plus importante que l'on est proche de la Lune. Le point du globe situé sur l'axe Terre-Lune et du côté de la Lune est le plus attiré. Le point diamétralement opposé est quant à lui le moins attiré. Sur la figure suivante, les flèches rouges représentent la force gravitationnelle exercée par la Lune en différents points du globe. Si cette force était partout identique (même direction et même intensité), la Terre ne subirait aucune déformation. C'est l'effet différentiel qui crée les marées. Si l'on se place au centre de la Terre, on constate que la différence d'attraction déforme notre planète, qui se trouve alors légèrement aplatie. Deux régions semblent « soulevées » en même temps, l'une en direction de la Lune, l'autre dans la direction opposée. Dans ces deux régions, c'est marée haute !

Bien que la déformation soit minime (de l'ordre de 40 cm, à comparer avec le rayon terrestre : 6 400 km), elle suffit à déplacer horizontalement des masses énormes d'eau, ce qui se traduit par des amplitudes de marée pouvant atteindre 15 mètres dans la baie du Mont-Saint-Michel.

L'eau des océans ne se déplace pas uniquement sous l'influence des marées, mais aussi avec celle de grands courants océaniques, dont les mécanismes et les interactions avec le climat global sont complexes et encore mal compris.

La surface du globe n'est pas uniformément chauffée sous l'action du rayonnement solaire, la région équatoriale recevant plus d'énergie que les pôles. Ce déséquilibre thermique met en mouvement de grandes masses d'air et ce sont ces courants atmosphériques qui, soufflant au-dessus des océans, entraînent les eaux de surface avec eux. Ces courants de surface (jusqu'à 300 mètres de profondeur) sont très stables et déplacent des masses d'eau énormes : environ 10 % de la masse des océans. En



Effets de marées de la Lune sur la Terre (en haut la force d'attraction gravitationnelle; en bas, la même chose quand on retire l'attraction moyenne exercée au centre de la Terre).

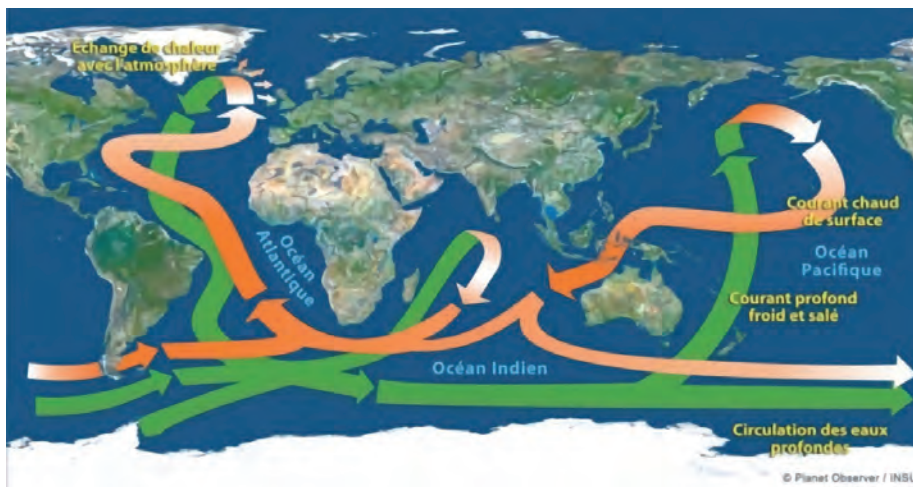
raison de la rotation de la Terre sur elle-même (force de Coriolis), ces courants ont tendance à s'enrouler dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord, et inversement dans l'hémisphère Sud. Le Gulf Stream est un exemple célèbre de courant de surface, véritable «fleuve» dans l'océan, dans lequel l'eau voyage des Bahamas jusqu'au Groenland. À cette latitude, l'eau devient plus dense pour deux raisons indépendantes : elle se refroidit et se charge en sel. Cette salinité s'explique par la présence de la banquise, formée essentiellement d'eau douce (le sel est donc rejeté dans l'océan Arctique, devenant localement plus salé). Devenant plus dense, la masse d'eau s'enfonce dans les profondeurs et crée ainsi un courant froid descendant, prolongement du Gulf Stream appelé dérive nord-atlantique. Ces différences de température et de salinité sont à l'origine des grands courants de profondeur qui constituent la circulation thermohaline (*thermos* désigne la température, en grec, et *halos* le sel), véritable tapis roulant océanique à l'échelle du globe.

Océan et climat

Les grands courants océaniques contribuent, avec les vents, à redistribuer l'énergie solaire entre l'équateur et les hautes latitudes. Mais il existe une autre raison pour laquelle les océans jouent un rôle important dans la régulation des climats : la capacité calorifique, énorme, de l'eau : il faut dépenser beaucoup d'énergie pour faire varier sa température. Les océans possèdent ainsi une grande inertie thermique : pour une même énergie reçue, ils se réchauffent moins vite que l'atmosphère ou les continents.

Pour cette raison, les climats océaniques sont bien plus doux (hivers moins froids, étés moins chauds) que les climats continentaux. Pour les zones côtières, l'influence océanique peut être complètement différente dès lors qu'elles sont soumises à un courant chaud ou froid. Le rôle des courants chauds ou froids est fondamental dans le climat des zones côtières : Arcachon, par exemple, connaît des températures beaucoup plus chaudes qu'Halifax, au Canada, pourtant située à la même latitude.

Les océans, qui stockent, sous forme de chaleur, environ 1 000 fois plus d'énergie que l'atmosphère, jouent un rôle fondamental dans la régulation du climat global. Ce rôle est d'autant plus important que les océans constituent également le principal réservoir de carbone de la planète. Le CO₂, soluble dans l'eau, est transporté via la circulation thermohaline depuis les eaux de surface vers les couches plus profondes, où il se trouve stocké. À cette «pompe physique» s'ajoute une «pompe biologique» puisque le carbone est également fixé dans les tissus des micro-organismes et coquillages marins. Le poumon de la planète n'est



pas, comme on le dit souvent, la forêt amazonienne, mais l'océan: premier puits de carbone et première source de production de l'oxygène que nous respirons grâce à la photosynthèse du phytoplancton. Malheureusement, le changement climatique a pour conséquence de diminuer la capacité des océans à piéger le carbone, ce qui entraîne, à son tour, une accélération du réchauffement (cf. page 30).

Auteurs

Mathieu HIRTZIG, David WILGENBUS, Gabrielle ZIMMERMANN

Cette ressource a été produite avec le soutien des éditions Le Pommier

Date de publication

2015

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

