



LA TERRE, UNE PLANÈTE HABITÉE

Etudier les atmosphères planétaires

Dans le système solaire

Les premiers instruments d'optique ont permis de découvrir rapidement les mondes pourvus d'une atmosphère, où des nuages sont visibles, et les autres, à la surface nue.

Pour avoir une idée de l'épaisseur et de la composition de ces atmosphères, il a fallu attendre que soit mise au point l'analyse de la lumière renvoyée ou absorbée par ces atmosphères (il s'agit des techniques de spectroscopie, que vous allez étudier en physique...). Pratiquement, on peut décomposer la lumière d'une planète pour rechercher la trace de différents gaz présents dans son atmosphère. Il est aussi possible de prévoir le moment où, passant devant une étoile brillante, il va être possible de suivre l'affaiblissement de la lumière de l'étoile lorsqu'elle traverse «de profil» les couches de l'atmosphère de la planète.

La mise au point des sondes spatiales a permis de mesurer *in situ**, de façon précise, la composition des atmosphères des principaux corps du système solaire. De plus, sur Terre, il est aussi possible de reconstituer un mélange de gaz et de comparer ses propriétés à celles observées à distance, afin d'affiner la connaissance des atmosphères lointaines.

Dans d'autres systèmes

Les instruments actuels permettent tout juste de voir directement les premières planètes d'autres systèmes. Un premier spectre d'exoplanète a été directement obtenu le 10 janvier 2010 par l'équipe de l'astronome M. Janson. Son équipe a étudié une planète géante tournant autour de l'étoile HR 8799. Il a utilisé le **VLT**: 4 télescopes de 8m de diamètre travaillant ensemble, ainsi qu'un instrument de détection spécial.

Dans les prochaines années, de nouveaux détecteurs et des instruments encore plus imposants permettront d'obtenir des indices de la composition de l'atmosphère de planètes lointaines, qu'elles soient géantes ou telluriques. L'histoire ne fait que commencer...

**In situ* = sur place, en latin; hé oui, vous avez encore une fois enrichi votre vocabulaire...

La Terre, une planète-océan

L'eau, l'air, la vie.

La planète Terre se caractérise par l'importance prise par l'eau liquide à sa surface: vue depuis l'orbite au dessus du Pacifique, on pourrait croire que notre planète est entièrement recouverte d'eau. D'autres planètes et satellites du système solaire peuvent abriter de l'eau liquide, mais pas en aussi grande quantité.

Planète ou satellite	Terre	Mars	Europe (satellite de Jupiter)	Encelade (satellite de Saturne)
Localisation de l'eau liquide	Surface Atmosphère (pluies)	Dans le sous-sol, surface dans le passé (possible actuellement -1-)	Profondeurs (sous une croûte de glace de plusieurs Km)	
Pourquoi l'eau est-elle liquide ?	Température et pression à la surface		Pression de la croûte glacée, chaleur interne liée la rotation autour d'une planète géante.	

Toujours en orbite, nous pouvons voir se détacher sur le noir de l'espace une mince pellicule bleutée: l'atmosphère terrestre. Ici aussi, bien d'autres corps du système solaire possèdent une atmosphère (voit tableau ci-dessous), mais celle de

Planète ou satellite	Vénus	Terre	Mars	Titan
Composition de l'atmosphère (Di-Azote: N ₂ , Méthane: CH ₄)	96 % CO ₂ 3,5 % N ₂	21 % O ₂ 79 % N ₂	95 % CO ₂ 2,7 % N ₂	80 % N ₂ 3 % CH ₄
Pression à la surface	90	1	0,006	1,6
gamme de température à la surface	de 450 °C à 500 °C	de - 50 à + 50 °C	de - 140 °C à + 20 °C	- 180 °C
Distance au soleil (millions de km)	108	150	228	1427
Masse (Terre = 1)	0,8	1	0,11	0,02

la Terre présente quelques particularités:

- Elle ne contient quasiment pas de CO₂
- Elle est la seule à contenir du dioxygène en quantité appréciable.

La planète Terre possède aussi une autre particularité: vous! Vous faites en effet partie des millions d'espèces d'êtres vivants qui peuplent cette planète, et semblent être absents des autres mondes du système solaire. Peut-on relier ces particularités les unes aux autres ? Il semble bien que oui...

Bibliographie

Le système solaire revisité sous la direction de J Lilienstein Eyrolles 2006
La vie extraterrestre - site web de l'auteur

La masse et la position de la Terre expliquent en partie les conditions qui y règnent.

Les photographies des sondes spatiales montrent bien la pellicule de gaz constituant l'atmosphère qui entoure la Terre.

Comme vous le savez depuis la quatrième, l'air a une masse. Comme tout corps massif, il est donc attiré par la Terre (comme montré par Newton), ce qui l'empêche de se disperser dans l'espace. Une planète suffisamment massive peut donc retenir une atmosphère plusieurs milliards d'années. Un coup d'oeil dans le système solaire montre qu'une planète comme Mars est tout juste capable de garder une atmosphère. On peut donc logiquement proposer que pour conserver une atmosphère, une planète tellurique doit posséder une masse supérieure à environ 0,5 fois celle de la Terre. Comme vous êtes observateurs, vous n'allez pas rater une occasion de me contredire: «comment se fait-il qu'avec une masse de seulement 2% de celle de la Terre, Titan possède une atmosphère ?». C'est qu'il nous faut tenir compte d'un autre facteur important, la température (1) de cette atmosphère.

Le tableau suivant nous permet de découvrir comment la température des planètes évolue en fonction de leur distance au soleil. Il montre une température de surface «typique» sans atmosphère (calculée ou, pour Mercure, mesurée) puis avec (mesurée) pour les 4 planètes telluriques.

Planète	Mercure	Venus	Terre	Mars
Distance au soleil ($\times 10^6$ km)	58	108	150	228
Température de surface sans atmosphère	180 °C	40 °C	- 18 °C	- 70 °C
Température de surface réelle (avec atmosphère)	180 °C (pas d'atmosphère)	460 °C	15 °C	- 60 °C

On constate facilement que:

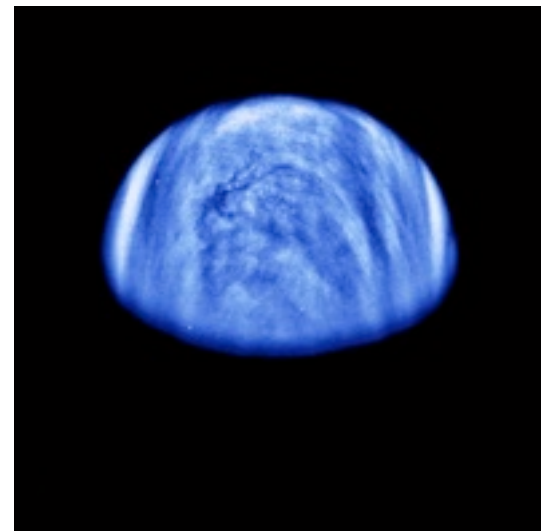
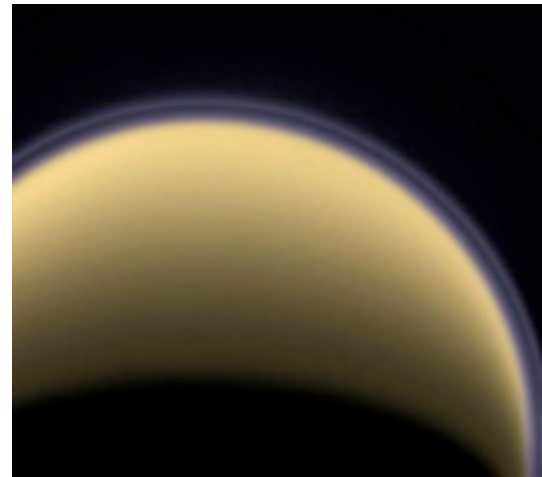
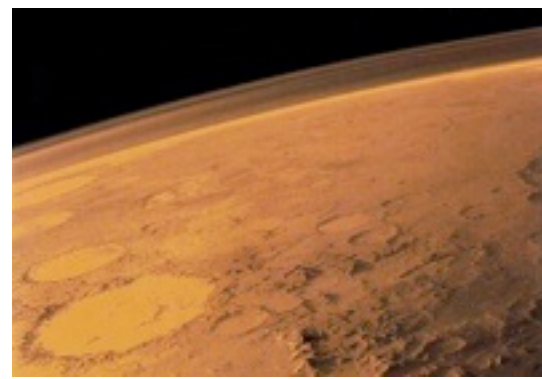
- Si l'on néglige la présence d'une atmosphère, plus la planète est loin du soleil et plus elle est froide (2)
- La présence d'une atmosphère tend à réchauffer, parfois très fortement (3) une surface planétaire.

Comme nous avons vu par ailleurs que posséder une atmosphère nécessite une planète d'une certaine masse, on peut en conclure que les conditions physiques (gamme de température et de pression) qui règnent sur la Terre sont liées à sa distance au soleil et à sa masse. A leur tour, ces conditions permettent une particularité terrestre: l'existence de grande quantité d'eau sous ses trois formes (liquide, solide, et gazeuse) (4)

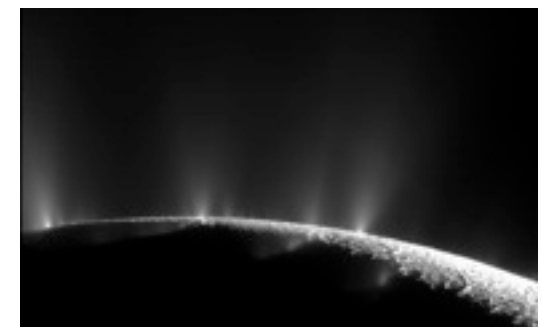
1 - On utilise une valeur moyenne qui ne veut pas dire grand-chose pour une planète (le température moyenne de la Terre est de, mais les températures réelles s'échelonnent entre - 50 et + 50 °C...) mais qui permet de les comparer entre elles.

2 - Ce qui est facile à comprendre (vous avez peut-être même fait un TP là dessus): plus on s'éloigne de la source de chaleur, moins on reçoit de chaleur. Pour une même unité de surface, la diminution de la quantité d'énergie reçue dépend du carré de l'accroissement de la distance (si votre distance au soleil double, vous recevrez $2^2 = 4$ fois moins d'énergie par unité de surface, si elle triple, vous recevrez 3^2 , soit 9 fois moins d'énergie sur la même surface...).

3 - C'est ce qui se passe pour la planète Vénus qui, deux fois plus éloignée du soleil que Mercure, est pourtant 2,5 fois plus chaude que Mercure, alors qu'elle devrait être 4 fois plus froide (si vous avez bien lu ce qui précède...)



De haut en bas: Mars, Titan, Vénus sont des planètes ou des satellites du système solaire pourvus d'une atmosphère. Photos NASA/JPL.



Le 21 novembre 2009, la sonde Cassini a repéré ces jets de vapeur d'eau s'échappant des profondeurs d'Encelade, satellite de Saturne. Ceci montre que de l'eau liquide peut exister dans les profondeurs de satellites situées pourtant à grande distance du soleil. Photos NASA/JPL.



À RETENIR

La Terre est une planète tellurique appartenant au système solaire. La position et la masse de Terre permettent l'existence d'une atmosphère et d'eau liquide à sa surface.

Les mêmes conditions peuvent exister sur d'autres planètes, autour d'autres étoiles, qui possèderaient des caractéristiques voisines. Toutefois, on ne peut être actuellement certain que des formes de vie y soient présentes.

L'atmosphère terrestre, une signature de la Vie.

Une pression qui permet l'existence de l'eau liquide

En 1638, les fontainiers (1) de la ville de Florence, en Italie, essayent de résoudre un vieux problème: ils n'arrivent pas à pomper de l'eau d'une profondeur supérieure à une dizaine de mètres. Pourtant, ils appliquent la méthode expliquée par le scientifique grec Aristote deux mille ans plus tôt: ils plongent un tuyau dans l'eau, puis une pompe chasse l'air du tuyau. Comme l'affirme Aristote, «la Nature a horreur du vide», alors l'eau monte dans le tuyau pour remplacer l'air et empêcher ce fameux vide «horrible» de se former. Mais malgré cette «horreur», dès que le tuyau dépasse dix mètres de long, impossible de pomper l'eau: elle commence à monter dans le tuyau, mais s'arrête toujours après dix mètres, sans arriver à la pompe. Les fontainiers font donc appel au scientifique le plus célèbre de l'époque, Galilée. Ce dernier étudie le phénomène, confirme que les idées d'Aristote ne sont pas satisfaisantes, mais ne trouve pas de meilleures explications, alors même qu'il a reçu, en 1630, une lettre du scientifique Jean-Baptiste Baliani (2) qui a découvert l'origine du phénomène, mais n'a pas réalisé d'expériences à ce sujet (3).

Mais Galilée correspond avec un autre physicien; Torricelli, qui va résoudre le problème. Il a l'idée, comme Baliani, que ce qui pousse l'eau dans le tuyau, c'est le poids de l'air situé au-dessus de l'eau. Lorsque l'air ne peut plus «pousser» l'eau, elle ne monte plus.

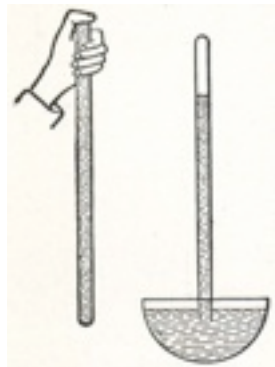


Manipuler un tube de plus de 10 m de long posant de légers problèmes d'encombrement, Torricelli a l'idée de remplacer l'eau par le liquide le plus «lourd» (4) qu'il puisse trouver: le mercure, 13,6 fois plus dense que l'eau, lui semble tout indiqué, car il peut alors utiliser un tuyau 13 fois moins long.

Prenant un tube d'un m de long, fermé à un bout, il le remplit de mercure puis le retourne sur une cuve remplie du même métal: il voit alors le mercure descendre dans le tube, se stabilisant à une hauteur de 76 cm. Au dessus, de la surface du mercure, il y a un espace vide: c'est «le» vide, celui qu'Aristote pensait ne pas pouvoir exister (ci contre: représentation de la découverte de Torricelli, et schéma de l'expérience).

Pour Torricelli, tout est clair; il existe une pression «atmosphérique» causée par le poids de l'air tout autour de nous, pression qui s'exerce sur tous les

objets à la surface de la Terre, et qui correspond à celle exercée par 76 cm de mercure (ou 10 m d'eau environ). Torricelli publie sa découverte, qui devient ainsi connue d'un scientifique français, Blaise Pascal. Ce dernier reproduit et complète l'expérience de Torricelli (5): si c'est bien l'air qui appuie sur le mercure, alors en s'élevant en altitude, comment cette pression va-t-elle évoluer? Pascal étant malade, il confie ses instruments (mercure, cuve, tubes...un des premiers baromètres) à son beau frère F. Perrier, qui, habitant l'Auvergne, monte au sommet du Puy de Dôme et découvre alors qu'à 1000 m d'altitude, la colonne de mercure ne mesure plus que 68 cm.



Pascal en déduit qu'au sommet de l'atmosphère, cette pression devait être égale à zéro: idée révolutionnaire, car elle signifiait que, quelque part au-dessus de nos têtes, l'atmosphère finissait et qu'au-delà il n'y avait que le vide. L'atmosphère devenait ainsi limitée, son épaisseur définie.

1 - Les fontainiers ne fabriquent pas que des fontaines! Ce terme désigne en fait tous ceux qui, à l'époque, s'occupent du pompage et de la distribution de l'eau.

2 - voir exercice truc

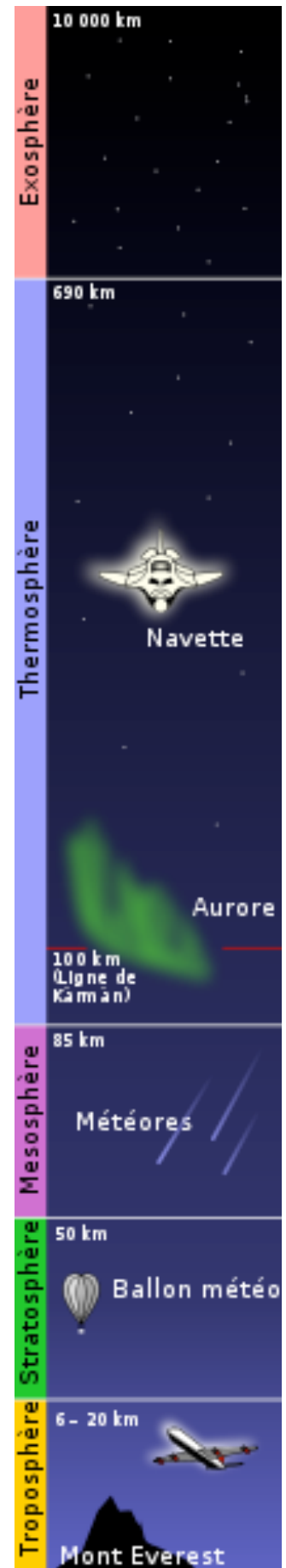
3 - En sciences, une idée brillante ne suffit pas si elle ne peut pas s'appuyer sur une ou plusieurs expériences qui prouvent qu'elle est pertinente!

4 - Le terme exact est dense, vous l'avez deviné, non ?

5 - Refaire les expériences des autres scientifiques pour les vérifier, les compléter et les interpréter est une des bases du travail du scientifique. Cela permet aussi de détecter les erreurs éventuelles, et de développer la réflexion. D'ailleurs, vous-même, vous avez au cours de votre scolarité refait pas mal d'expériences, non ? (et ce n'est pas fini...)

6 - Non seulement c'est possible, mais aussi probable: les conditions étaient même peut-être plus favorables à la vie sur Mars que sur la Terre. Mais ce n'est pas certain. Nous en saurons plus lorsque des recherches plus approfondies auront été accomplies sur Mars, par des sondes robots où, bien plus tard, par des hommes... Vous, peut-être ?

7 - Vers 80° de latitude N, la glace représente 80% de la masse des 50 premiers cm du sol.



L'atmosphère terrestre se compose de différentes couches, mais l'essentiel de sa masse se situe dans les 20 premiers km constituant la Troposphère. Origine NASA.

Plusieurs expériences (1) montrent que c'est la pression de l'atmosphère terrestre qui est responsable de la large gamme de température (entre 0 et 100 °C, par définition - 2) pendant laquelle l'eau est à l'état liquide à la surface de notre planète. Ainsi, à une altitude de 3000 m, l'eau ne reste liquide qu'entre 0 et 87 °C (3).

Sur Mars, dans les plus profondes dépressions où la pression atmosphérique atteint 17 mbar (contre 1013 sur Terre), l'eau peut être liquide au plus chaud de l'année, l'été vers 14h, entre 0 et 10°C (4)

Une composition fortement modifiée par les êtres vivants

On retrouve dans toutes les atmosphères des planètes telluriques du système solaire les mêmes éléments (cf tableau x): énormément de CO₂, un peu de N₂. On peut donc se demander, si ces planètes avaient au départ des atmosphères similaires (5), ce qu'est devenu le CO₂ sur Terre, et d'où vient le dioxygène.

Vous connaissez la réponse. A l'origine, il est probable que l'atmosphère de la Terre ressemblait à celle des autres planètes telluriques: une atmosphère composée majoritairement de CO₂, très épaisse (entre 10 et 50 fois la pression actuelle).

Vous avez étudié assez de physique au collège pour comprendre ce qui s'est passé (oui, ça sert à ça, entre autres, la physique): L'eau a dissout le CO₂ atmosphérique, ce dernier formant des roches sédimentaires, et les premiers êtres vivants ont utilisé ce CO₂ pour fabriquer leur matière, rejetant, comme les végétaux actuels, du dioxygène, un gaz autrefois inconnu, qui a fini par s'accumuler dans l'atmosphère (détails ci-contre). Les êtres vivants marins, en se fabriquant des coquilles et des carapaces calcaires, ont aussi participé à la destruction du CO₂ atmosphérique. Actuellement, il ne reste presque plus

de CO₂ dans l'atmosphère (6). Nous examinerons en détail le procédé de fabrication de l'O₂ par les êtres vivants dans la suite du manuel.

Comme les êtres vivants ont été à l'origine de la composition actuelle de l'atmosphère terrestre; ils ont évolué en même temps que cette dernière de façon à pouvoir l'utiliser. Les premières formes de vies (bactéries essentiellement) apparues à l'époque où il n'y avait pas de dioxygène, ont quasiment disparu, ou se trouvent cantonnées dans des environnements où ce gaz est absent (7)

1 - Que vous avez dû faire en troisième, en physique... Oui, il est nécessaire de comprendre à la fois physique et biologie pour progresser. Les exercices 3 et 6 vous y aideront.

2 - C'est le célèbre Mr Celsius, inventeur du thermomètre qui a gardé son nom, qui a précisément choisi ces deux changements d'état de l'eau pour graduer son thermomètre. Ce que l'on dit moins, c'est qu'à l'époque, il l'avait gradué «à l'envers»: la glace fondait à 100°C et l'eau bouillait à 0°C! C'est le suédois Carl Linné (que vous connaissez peut être depuis la sixième, il a inventé le procédé utilisé pour classer toutes les espèces vivantes) qui a «remis à l'endroit» l'échelle de Celsius. L'histoire l'a oublié, pas vous. Voilà donc une info que vous permettra de briller dans les salons, tiens, et d'étonner votre prof, pas nécessairement au courant.

3 - C'est pour cela qu'il est difficile de cuisiner en haute altitude: il faut mn pour obtenir un oeuf dur (5 mn en plaine) et des pâtes cuites en 7 min en plaine nécessiteront mn de cuisson à 3000 m...)

4 - Pas partout sur Mars! Comme vous connaissez la planète comme votre poche (et pour préciser si votre prof ne vous croit pas), ces lieux sont la région d'Hellas et les cratères Lyot, Lomonossov et Hooke (O. de Goursac, visions de Mars, ed. de la martinière, 2004, p.96).

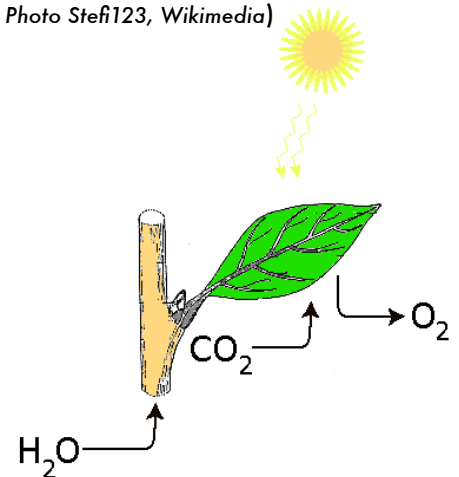
5 - Ce qui semble logique, vu que les atmosphères des deux planètes telluriques «encadrant» la Terre, Vénus et Mars, ont une composition similaire.

6 - 0,03 %... Le CO₂ est si rare qu'il limite fortement la croissance des plantes, aussi certaines sont elles cultivées, sous serre, dans un environnement enrichi en CO₂.

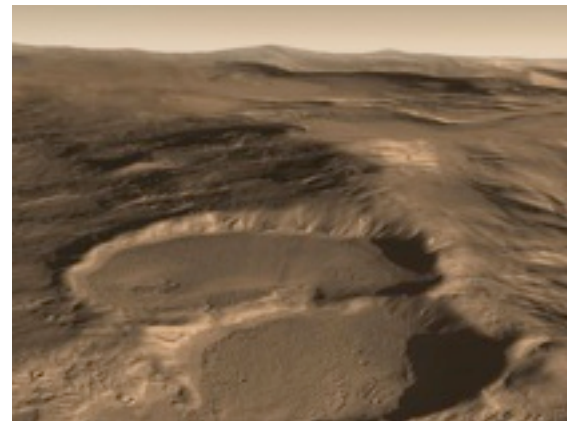
7 - Les profondeurs du sol, par exemple, où l'on peut trouver des bactéries du genre clostridium, responsables de maladies graves comme le tétanos ou le botulisme...



La photo ci-dessus montre où est le CO₂ originel: dans de magnifiques roches sédimentaires, dont ici la disposition en strate est bien visible. Cette falaise représente des milliers de tonnes de CO₂ retirés de l'atmosphère originelle au cours de l'histoire de la Terre. Photo Stefi123, Wikimedia)



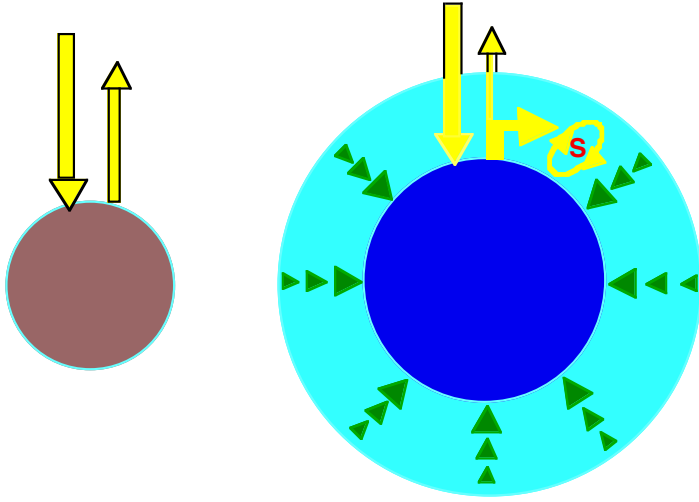
Depuis la sixième, vous savez (ou devriez savoir) que les végétaux chlorophylliens fabriquent leur matière (donc, leurs molécules) en absorbant de l'eau et le CO₂ de l'atmosphère et en rejetant du dioxygène O₂. Le tout grâce à l'énergie de la lumière. Cette incorporation de CO₂ et cette libération d'O₂, se poursuivant sans relâche pendant des milliards d'années depuis leur apparition chez des bactéries, ont eu des conséquences immenses sur la composition de l'atmosphère terrestre enrichie ainsi en O₂ et appauvrie en CO₂.



Reconstitution de trois cratères dans l'est de la région Hellas, sur Mars. De grandes quantités de glace sont présentes dans le sous-sol à faible profondeur, et les conditions physiques permettent à de l'eau liquide d'exister à la surface quelques jours par an. Image NASA/JPL-Caltech/UTA/UA/MSSS/ESA/DLR/JPL Solar System Visualization Project

Une composition jouant un rôle dans la température de la surface terrestre

L'atmosphère terrestre permet de conserver une partie de la chaleur venue du soleil: c'est le célèbre effet de serre (1).



Effets d'une atmosphère: Sans atmosphère (à gauche), une planète renvoie une partie de l'énergie solaire qu'elle reçoit, et celle qu'elle absorbe augmente sa température de surface. Même si cette température le permettrait, elle ne peut maintenir d'eau liquide à sa surface, à cause de l'absence de pression atmosphérique. La présence d'une atmosphère (bleu ciel, à droite) génère une pression (flèches vertes) permettant à l'eau de se

maintenir à l'état liquide en surface, et permet également de conserver une fraction supplémentaire de l'énergie solaire (S), réchauffant ainsi la surface de la planète.



Il se trouve que certains gaz retiennent davantage la chaleur que d'autres: les plus efficaces sont l'eau, le méthane et le CO₂. La température du sol de la Terre primitive était de plus de 80°C, et la destruction du CO₂ originel a donc grandement refroidi la Terre.

Sans atmosphère, la température de la Terre serait bien inférieure à celle que nous connaissons (2), et qui est voisine de 15°C en moyenne. L'atmosphère terrestre permet donc non seulement de conserver l'eau à la surface de la terre, mais permet aussi à cette dernière d'être présente sous ses trois états solide (glace), liquide et gazeux (vapeur).

Ci-contre : ce paysage terrestre (montagnes Rocheuses près de Dilton, Colorado, photo S. Bauer, USDA) nous montre l'eau sous plusieurs états, dont la coexistence est due à la présence de notre atmosphère, qui nous permet de disposer d'eau à l'état solide (neige), liquide (lac et nuages) mais aussi gazeuse (invisible, dans l'atmosphère -3)

1 - Vous avez peut-être réalisé un TP pour étudier cet effet. Son nom est très mal choisi, car il n'a pas grand-chose à voir avec le mécanisme qui permet de réchauffer une serre de verre exposée au rayonnement solaire !

2 - Dans de nombreux manuels et sites web, même très sérieux, vous pourrez trouver une valeur de - 18°C pour la température de la Terre sans atmosphère, cette dernière augmentant donc la température du sol de 33°C. Si l'on est scientifiquement rigoureux, le calcul utilisé nécessite tellement de simplifications qu'il ne correspond pas du tout à la réalité, aussi la seule affirmation scientifiquement correcte est de dire que l'on ignore la contribution précise de l'effet de serre à la température terrestre.

3 - Attention à une erreur commune: les nuages ne sont pas composés d'eau à l'état de gaz, mais de petites gouttelettes d'eau à l'état liquide, en suspension dans l'air !

Histoires parallèles

Vénus

L'eau de Vénus a complètement disparu de sa surface et de son atmosphère. Aucun dépôt de roches sédimentaires n'a pu se constituer, et la planète a conservé son atmosphère ancienne de CO₂, qui entretient encore un puissant effet de serre surchauffant le sol. L'eau émise par les volcans de la planète reste dans l'atmosphère un moment, se combine à d'autres gaz pour créer des nuages d'acide sulfurique, et finit par s'échapper dans l'espace sous l'influence du rayonnement solaire.

Terre

Entre 4,4 et 4,2 milliards d'années, de grands volumes d'eau liquide existent à la surface de la Terre, qui possède une atmosphère épaisse de CO₂. Cette eau s'évapore et retombe en pluies acides, qui usent les roches, en dissolvant certains ions qui se retrouvent dans les océans où ils forment des minéraux qui précipitent, formant des roches calcaires. Ce processus retire du CO₂ de l'atmosphère, la planète se refroidit donc lentement, mais reste assez chaude pour que l'eau soit liquide à sa surface. Les premières formes de vie qui s'y développent rejettent du dioxygène, il faudra 2,5 milliards d'années pour que ce gaz en arrive à composer 20% de l'atmosphère, cette dernière ayant complètement perdu son CO₂, et ne conservant plus que du di-azote. Tout le CO₂ de l'atmosphère primitive se trouve... sous nos pieds! Ce sont les roches calcaires des sédiments continentaux et océaniques.

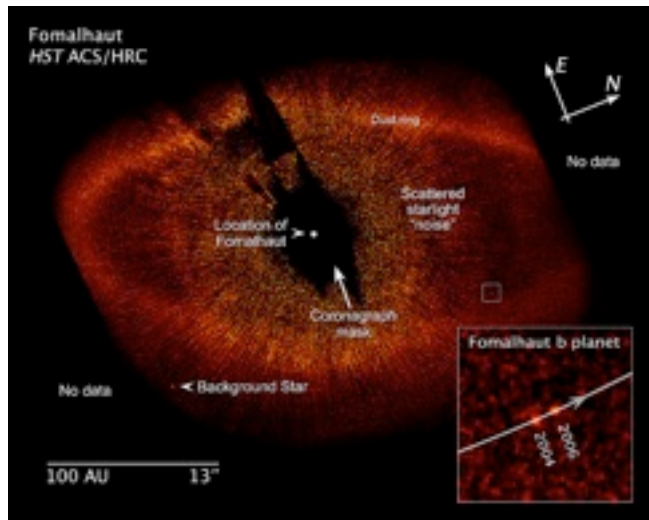
Mars

Mars a du connaître une atmosphère bien plus épaisse de CO₂, générant un effet de serre qui a permis à l'eau liquide d'exister sur la planète entre 3,8 et 2,3 milliards d'années. Comme sur Terre, des océans et des lacs se forment, mais l'eau de Mars est plus acide que celle de la Terre, et ce ne sont pas les mêmes roches sédimentaires qui se forment. Il est possible que la vie se soit aussi développée sur Mars à cette époque. La planète s'est ensuite refroidie, perdant lentement son atmosphère, et connaissant de temps à autre de grandes inondations d'eau salée, mais cette eau gela trop vite pour capter le CO₂ de l'atmosphère, qui subsiste aujourd'hui. Les anciens lacs et océans de Mars, gelés, sont toujours présents mêlés à son sol et son sous sol, en particulier dans la région Nord de la planète.

D'autres mondes sont possibles (1).

Rien ne s'oppose à ce que, parmi les 100 milliards d'étoiles de notre galaxie ainsi que dans les autres galaxies, les étoiles possèdent des planètes. C'est même une certitude puisque depuis 1995 (2), 726 exoplanètes ont été détectées, orbitant autour de plus de 600 étoiles (3), 21 d'entre elles possédant plusieurs planètes. Ces résultats sont provisoires, car l'amélioration des techniques et des instruments permet aux astronomes de détecter des planètes de plus en plus petites et à des distances toujours plus grandes du soleil (4). Lancé en 2009, le télescope spatial Kepler a permis de détecter les premières planètes de taille voisine de celle de la Terre. La moisson commence.

L'observation de 800 étoiles proches du Soleil montre qu'au minimum 5% des étoiles sont accompagnées de planètes. Notre seule galaxie contiendrait environ un milliard de planètes similaires (composition, masse, distance à l'étoile...) à la Terre.



Ci-contre : le 13 novembre 2008, une équipe d'astronomes utilisant le télescope spatial Hubble a détecté la première exoplanète directement visible, Fomalhaut b, qui orbite autour de l'étoile Fomalhaut, située à 25 AL de la Terre. Sur cette vue, l'étoile centrale est masquée afin de ne pas éblouir les détecteurs qui montrent alors un disque de poussière autour de l'étoile (Dust ring) ainsi que la planète (détail en bas à droite) dont le mouvement sur son orbite a été mis en évidence entre 2004 et 2006. Photo NASA-HST/HRC.

Une étude réalisée sur 300 étoiles de type solaire a établi qu'un minimum de 10 % des étoiles étudiées doit être accompagné de planètes telluriques, le chiffre le plus probable étant que 62 % des étoiles étudiées peuvent être accompagnées de planètes de type terrestre, où de l'eau pourrait demeurer à l'état liquide.

Les conditions qui existent sur Terre et qui ont abouti, dans le passé, au développement de la vie, peuvent donc exister sur de nombreuses autres planètes. Pour savoir si une planète a des chances de ressembler à la Terre, certains astronomes ont eu l'idée de calculer, pour chaque étoile, une zone d'habitabilité: c'est l'étendue de la région dans laquelle l'eau peut être présente, à la surface de la planète, à l'état liquide (5). Toutefois, même dans cette zone, la présence de formes de vie sur ces planètes n'est pas certaine, mais seulement très probable (6): comme les scientifiques connaissent encore mal les conditions dans lesquelles la vie est apparue sur Terre, il est difficile de savoir s'il s'agit d'un phénomène extrêmement exceptionnel ou, au contraire, d'un phénomène extrêmement probable, donc commun dans l'univers.

1 - Dès 1686, l'écrivain français Fontenelle avait publié un livre intitulé «[Entretiens sur la pluralité des mondes habités](#)», qui eut un grand succès. Plusieurs auteurs de l'époque mirent en scène des mondes imaginaires peuplés de créatures ressemblant furieusement aux habitants de la Terre. Par la suite, plusieurs chercheurs firent paraître des ouvrages dans lesquels la possibilité d'une vie extraterrestre était examinée de façon scientifique, en accord avec les connaissances de leur époque.

2 - La première exoplanète a été découverte en 1990 par A. Wolszczan, mais la recherche a vraiment débuté en 1995 avec la découverte par M. Mayor et D. Queloz d'une planète géante autour de l'étoile 51 Pegasi, située à 40 années lumières de la Terre.

3 - http://planetquest.jpl.nasa.gov/atlas/atlas_index.cfm

4 - Les techniques de détection d'une planète lointaine se basent sur la façon dont elle perturbe les mouvements ou la luminosité de son étoile. Plus une planète est massive et proche de son étoile et plus elle est facile à détecter! Les astronomes ont donc découvert tout d'abord de nombreux «Jupiters chauds», planètes joviennes situées près de leur étoile. Plus récemment, l'amélioration des techniques a permis de découvrir des planètes moins massives et plus éloignées de leur étoile. Parmi celles-ci, certaines sont des planètes telluriques, des «grosses Terres».

5 - Avec une pression égale à la pression atmosphérique terrestre moyenne. Dans le système solaire, la zone d'habitabilité commence entre Vénus et la Terre et se termine au voisinage de Mars.

6 - Pour éclairer la différence entre certain et très probable, un petit parallèle s'impose: imaginez qu'avant une évaluation, vous ne révisiez pas votre cours, que vous avez par ailleurs très distraitement écouté en classe: une mauvaise note est alors très probable, mais pas certaine (vous pouvez avoir de la chance, bénéficier du voisinage d'un ou d'une camarade travailleur et qui écrit gros...). À votre place, je crois que j'essayerai d'éviter autant que possible un échec lorsqu'il est «très probable»....



L'astronome S. Guisard a photographié la [Voie lactée depuis le sommet du volcan Chimborazo \(5000 m\)](#). Ce site exceptionnel permet de voir nettement notre galaxie vue de l'intérieur, un long ruban constitué de la lumière de 100 milliards d'étoiles entrecoupée par de nombreux nuages de poussière. Dans notre seule galaxie, combien d'autres Terres et d'autres astronomes s'interrogeant sur leur ciel ?

[Photo S. Guisard](#) - avec l'aimable autorisation de l'auteur.

Alone in the dark ?

A la recherche d'une vie extraterrestre

Dès que le système solaire a été mieux connu, les espoirs d'y découvrir une vie extraterrestre semblable à la vie terrestre ont été déçus. Les mondes du système solaire sont apparus froids ou brûlants, sans air, sans eau... Mais en même temps que les sondes spatiales révélaient ces univers hostiles, les scientifiques découvraient, sur Terre, combien les formes de vie microscopiques peuvent être résistantes.

Ainsi, plusieurs types de bactéries terrestres seraient à même de survivre dans certains environnements extraterrestres. De plus, l'étude de l'histoire du système solaire a montré que certains mondes ont du connaître les mêmes conditions que la terre primitive, et donc que la vie, comme sur Terre a pu y apparaître. Mars semble le meilleur candidat pour la recherche d'une vie fossile ou survivante, mais d'autres mondes du système solaire ont révélé l'existence, sous leur surface inhospitalière, de milieux pouvant convenir au développement de formes de vie. Ainsi, l'intérieur des satellites Europe ou Encelade contient probablement un océan recouvert de plusieurs km de glace.

Si les scientifiques ont abandonné l'idée de trouver une vie pluricellulaire dans le système solaire, tous les espoirs sont en revanche permis pour l'existence de la vie dans d'autres systèmes solaires: les planètes ne sont pas rares, et les conditions qu'a connue la Terre primitive ne semblent pas exceptionnelles. Dans les 10 à 20 prochaines années, des télescopes placés en orbite pourraient détecter, sur des planètes lointaines, des indices de la présence de vie comme, par exemple, du dioxygène atmosphérique, de l'eau, du méthane ou même de la chlorophylle....