

Panneau 10

La vie sur les autres planètes



➤ Qu'est-ce que la vie ?

De multiples définitions existent. La plupart décrivent la vie comme un système chimique capable de deux choses :

- Une auto-réplication
- Une évolution

Un tel système est ainsi capable d'évolution darwinienne.

➤ Que faut-il pour que la vie existe ?

La vie telle que nous la connaissons sur Terre est toujours basée sur des molécules possédant un « squelette » de carbone et utilisant l'eau liquide comme solvant. La vie doit-elle cependant forcément reposer sur ces éléments ? Il semble en effet restrictif et « chauvin » de se limiter à la formule qui a fonctionné dans les conditions terrestres. Malgré tout, la plupart des chimistes s'accordent sur le fait qu'il est difficile d'imaginer une chimie d'une richesse approchant celle nécessaire à la vie basée sur un autre élément ou utilisant un autre solvant que l'eau. Pourquoi ?

- Le carbone a une capacité unique à former des liaisons avec lui-même (polymère) et avec d'autres éléments. De plus, il est abondant dans l'Univers.
- L'eau est aussi abondante. Elle est à l'état liquide dans une fourchette de températures appropriée pour les réactions organiques. Son caractère « bipolaire » lui confère des propriétés électriques et de solvant nécessaires à la vie telle que nous la connaissons.

Inversement, sur Terre, quasiment partout où il y a de l'eau liquide disponible, la vie est présente. On trouve des organismes florissants même à de très hautes températures (jusqu'à 120°C), ou dans des milieux extrêmement salés, acides ou basiques... L'oxygène et la lumière ne sont pas, par contre, indispensables à la vie. Des écosystèmes totalement indépendants de la photosynthèse ont été découverts ces dernières années. Un exemple se trouve dans le sous-sol au nord-ouest des Etats-Unis, où un écosystème tire son énergie de la consommation d'hydrogène produit par oxydation du fer par l'eau infiltrée dans les roches volcaniques.

En attendant de mieux comprendre la vie et son origine, nous supposons donc que, pour que la vie existe, il faut de l'eau liquide.

➤ Quelles sont les conditions nécessaires pour avoir de l'eau liquide ?

L'eau H₂O est abondante dans l'Univers et il est raisonnable de penser que de nombreuses planètes et de nombreux satellites peuvent disposer d'eau sous forme de glace, de liquide ou de vapeur (à moins que l'eau, volatile, ne se soit échappée dans l'espace comme sur Vénus ou Mercure). Pour avoir de l'eau liquide, il faut :

- une **pression** absolue supérieure à 610 Pa.
- une **température** supérieure à environ 0°C, et inférieure à la température d'ébullition. **La température d'ébullition varie avec la pression. Elle ne vaut pas toujours 100°C !** 100°C est la température d'ébullition de l'eau sur Terre au niveau de la mer, où la pression vaut environ 1 atmosphère (soit 1013 hPa). L'eau bout à environ 85°C au sommet du Mont Blanc (~0,5 atmosphère), et à seulement 2°C au fond des vallées les plus profondes sur Mars (~10 hPa). Inversement, à 3000 m sous la mer, la pression atteint 300 atmosphères et des sources d'eau très chaude, à plus de 300°C, peuvent exister sans que l'eau ne se transforme en vapeur.

Panneau 10 - La vie sur les autres planètes

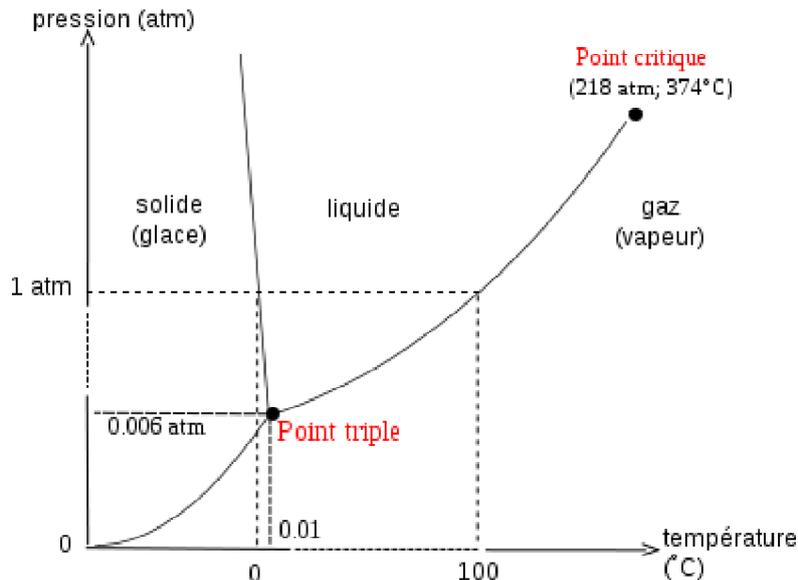
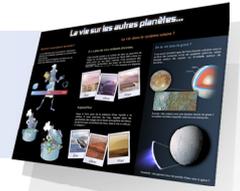


Diagramme de phase de l'eau illustrant la gamme de pression (exprimée en atmosphères) et de température où l'eau liquide peut exister. (1 atmosphère = 1013 hPa)

➤ Y a-t-il vraiment de l'eau liquide sur Europe et Encelade ?

Plusieurs observations suggèrent qu'il y a des « océans » d'eau liquide sous la surface glacée de ces satellites :

Europe est l'un des satellites de Jupiter, à peine plus petit que notre Lune.

- Sa surface, très brillante, est recouverte de glace d'eau comme l'ont montré les spectres infrarouges mesurés depuis le sol et dans l'espace.
- L'étude de sa gravité montre que sa structure interne est constituée de roches (comme les planètes telluriques) entourées d'une couche d'eau (liquide ou glace) d'une centaine de kilomètres d'épaisseur.
- Les cratères d'impact sont rares, ce qui indique que la surface est régulièrement renouvelée.
- La croûte est partout fracturée. La surface présente des fissures par lesquelles l'eau liquide ou la glace fluide semble s'être échappée. L'agencement des fissures suggère qu'elles pourraient correspondre à des plaques de glace reposant sur un milieu aqueux liquide ou visqueux.
- Autre indice qui plaide en faveur d'un océan liquide : les mesures de la sonde Galileo de la NASA ont mis en évidence un champ magnétique, induit par celui de Jupiter, qui traduirait la présence d'un milieu conducteur sous la surface, éventuellement un océan salé.
- Les calculs indiquent que, en suivant une orbite autour de Jupiter perturbée par les autres lunes de Jupiter, Europe est soumis à des forces de marées variables et considérables. Sur Terre les forces de marées exercées par la gravitation de la Lune sont relativement faibles (elle déforment tout de même les océans). Sur Europe, l'énorme Jupiter déforme toute la planète et chauffe considérablement l'intérieur (un peu comme le métal chauffe quand on le tord). La couche d'eau pourrait ainsi être à l'état liquide, isolée de l'espace par une croûte de quelques kilomètres d'épaisseur.



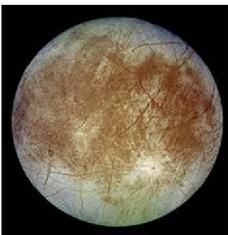
Panneau 10 - La vie sur les autres planètes



Encelade est un petit satellite de Saturne (seulement 504 km de diamètre !)

- Sa surface est composée de glace.
- Une vaste zone autour du pôle sud est dénuée de cratères, ce qui indique que la surface a été renouvelée récemment (aux échelles de temps géologiques).
- Près du pôle sud, la sonde Cassini a découvert de longues failles larges de quelques kilomètres. Les mesures de température indiquent que le centre des failles est au moins 100°C plus chaud que le reste de la surface. Il est probable que la température atteint plus de 0°C sous la surface.
- De ces failles jaillissent des « geysers » de matières qui atteignent plusieurs dizaines de kilomètres de haut. La composition de ces geysers a pu être analysée par les instruments de la sonde Cassini : de l'eau à 90% mais aussi du CO₂ et des molécules organiques ! Il semblerait que des poches, voire une « mer » d'eau liquide sous pression, se trouvent à quelques mètres ou quelques kilomètres sous la surface.
- Autre indice qui plaide en faveur d'une « mer » liquide sous la surface : en étudiant la forme d'Encelade, on constate qu'elle est un peu aplatie autour du pôle sud. Cela pourrait s'expliquer par la fonte de la glace à l'intérieur (l'eau liquide est plus dense que la glace, et prend donc moins de volume, d'où l'aplatissement).
- Les calculs indiquent que, en suivant une orbite autour de Saturne légèrement perturbée par Mimas, une autre Lune, une partie d'Encelade peut être chauffée par les forces de marées, selon un mécanisme analogue (quoique moins intense) que sur Europe.

Notes sur les illustrations

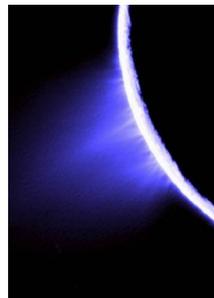


Europe photographiée le 7 septembre 1996 par la sonde Galileo de la NASA. La surface de la glace est colorée par des composés rocheux issus de l'intérieur ou implantés par des impacts de météorites.



La surface glacée d'Europe photographiée par la sonde Galileo de la NASA en 1996. L'image mesure 70 km x 30 km de côtés.

Encelade, la petite lune glacée de Saturne photographiée par la sonde Cassini de la NASA en 2005. Son hémisphère sud est marqué par des fractures d'où jaillissent des geysers d'eau sous pression.



L'hémisphère sud d'Encelade photographié à contre-jour en 2007 par la sonde Cassini de la NASA. Des geysers de plusieurs dizaines de kilomètres de haut sont émis à partir de fractures à la surface.