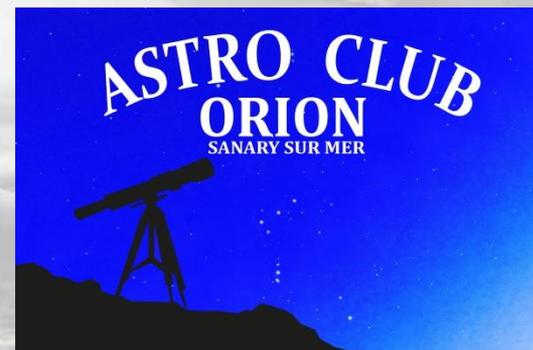
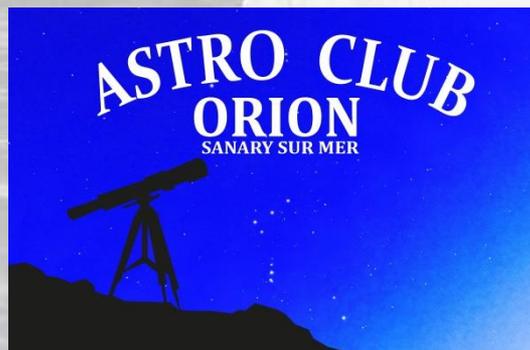
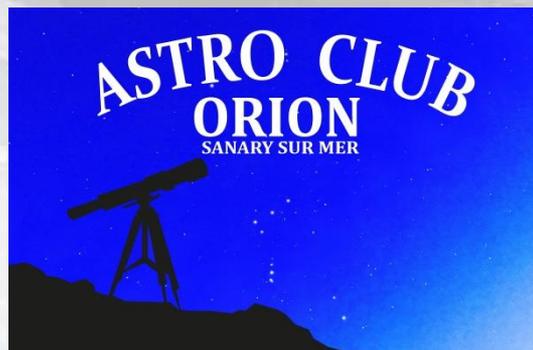


***L'ASTRO-CLUB Orion de Sanary-sur-Mer est
heureux de vous accueillir ce soir.***

***Vous trouverez – si vous le désirez – cette
présentation sur notre site à l'adresse :***

<http://www.orion-sanary.fr/>

Vous pourrez alors consulter toutes nos sources.



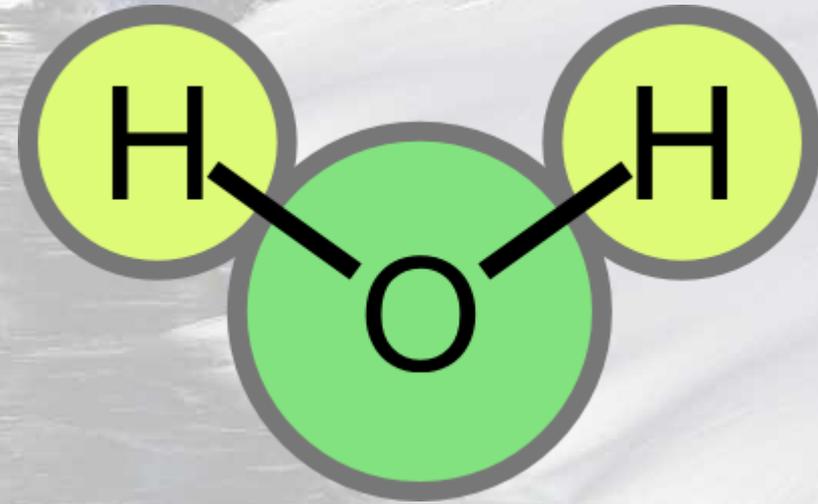
A winter landscape featuring a stream flowing through snow-covered rocks and trees. The scene is serene and cold, with the water appearing dark against the white snow. The text is overlaid on the center of the image.

De l'eau dans tous ses états

**À partir de notre planète,
comprendre le rôle de l'eau dans
l'apparition de la vie ici et ailleurs.**

L'eau apparaît sur Terre sous trois formes :

- **Liquide,**
- **Solide,**
- **Vapeur.**



H = hydrogène

O = Oxygène

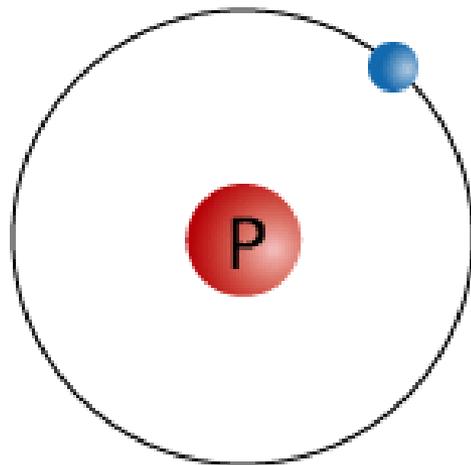
H₂O = eau

Le deutérium est un isotope de l'hydrogène dont le noyau a intégré un neutron.

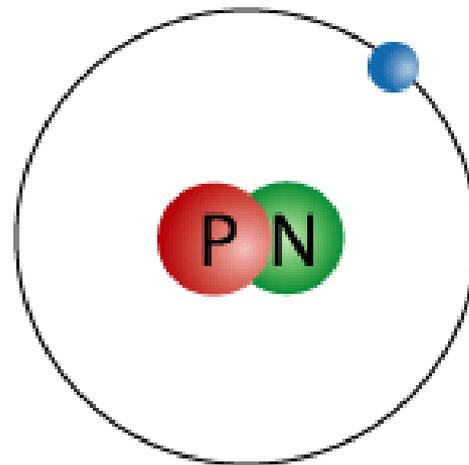
Parfois, un ou les deux atomes d'hydrogène sont remplacés par un ou deux atomes de deutérium.

L'eau est alors dite « eau lourde ».

La proportion d'eau lourde contenue dans une source d'eau, peut indiquer sa provenance.



Hydrogen



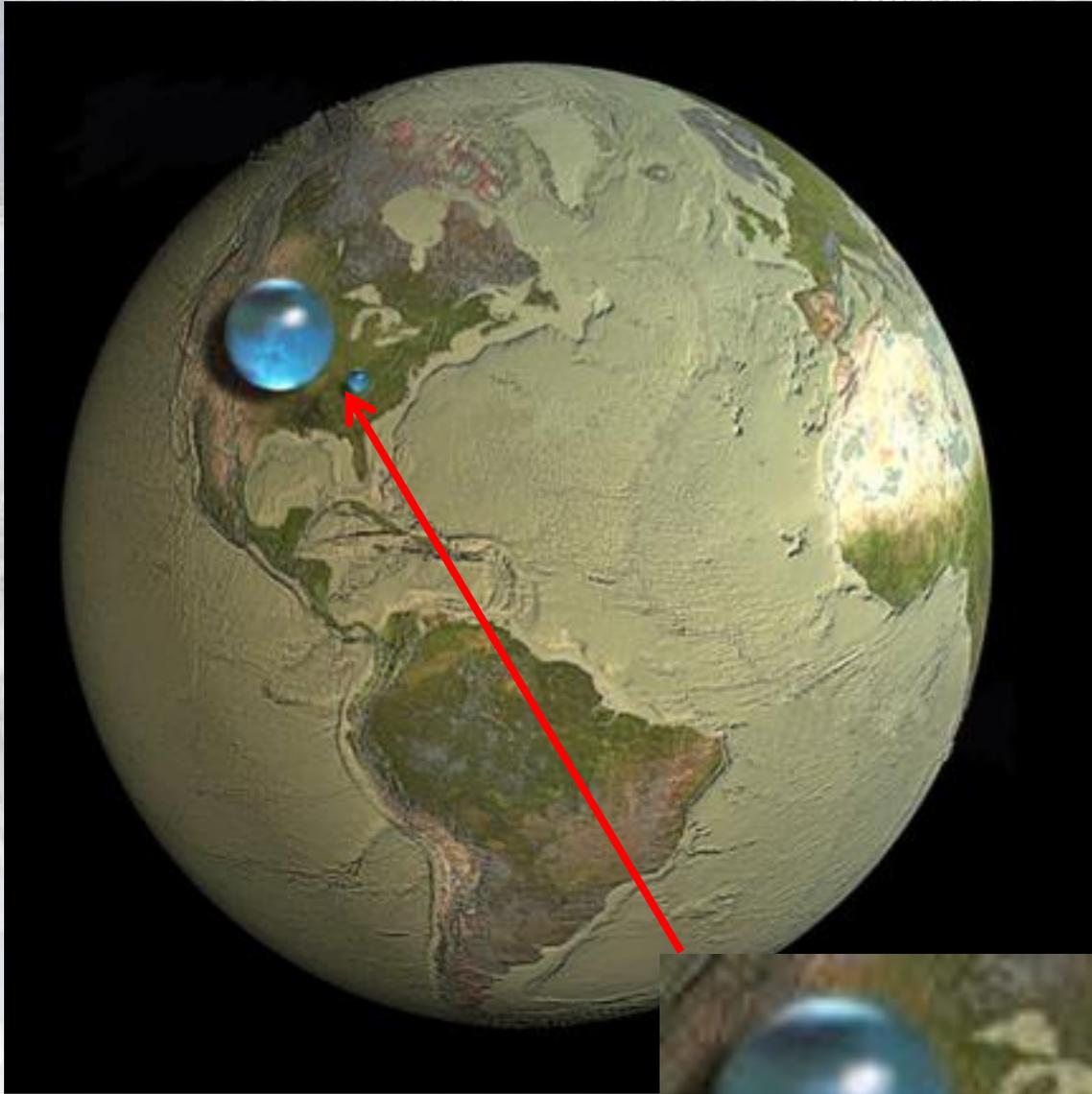
Deuterium

L'état le plus fréquent sur Terre est la phase liquide, celle des torrents, des lacs, des fleuves, des mers et des océans.

L'état solide se retrouve dans les calottes polaires, les glaciers... et les petits cubes flottant parfois dans nos verres.

L'état vapeur est lui aussi bien présent, comme par exemple au dessus de votre casserole où mijote votre soupe.

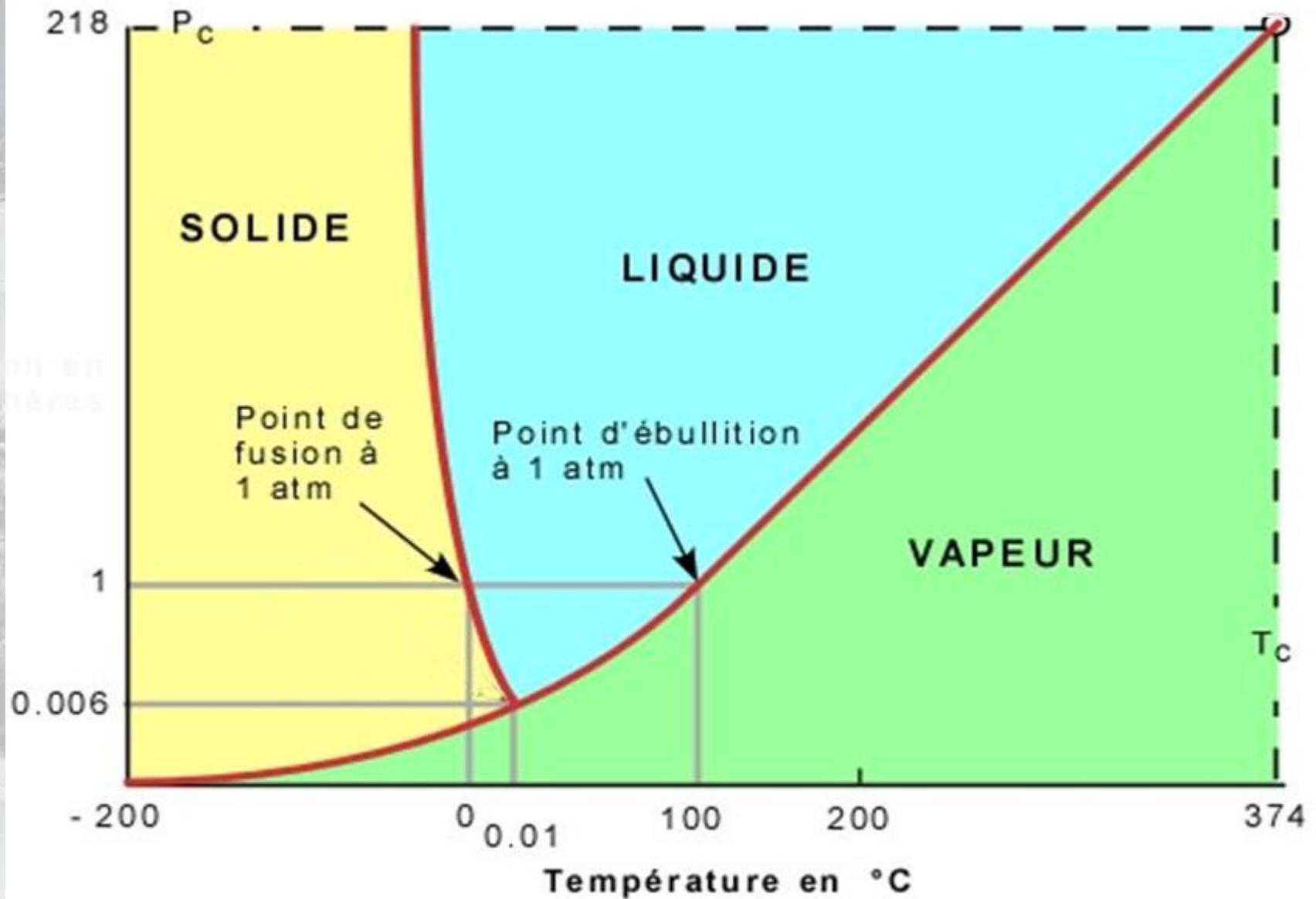
Attention : l'eau douce représente seulement 3% du volume total de l'eau terrestre !



La Terre sans son eau. La grosse boule bleue représente l'eau, la petite l'eau douce. Cette dernière a un diamètre de 60 km : 210 fois moins que la Terre ! Et tous les êtres vivants en dépendent !

A winter scene with a stream flowing through a snowy landscape. The water is dark and has several large, white ice chunks floating in it. The banks are covered in snow, and there are bare trees in the background. The text is overlaid in red on the image.

**Les hommes étant curieux de nature,
ils ont tenté des expériences.
Que se passe-t-il si on modifie la
pression ou la température ?**



La réponse est dans ce graphique

Sur la Terre :

- **La pression moyenne au niveau de la mer est de une atmosphère, la température moyenne annuelle est de 15°C.**
- **La pression est variable suivant les conditions locales. Ainsi la température d'ébullition (passage liquide/vapeur) est de seulement 96° C à l'altitude de 1200 m.**
- **À l'altitude de la Mer Morte (-427 m) l'eau bout à 101,5 °C.**
- **Les conditions terrestres font que les trois états de l'eau sont possibles.**

http://www.deleze.name/~marcel//physique/TemperaturesEbullition/Table_temperature.htm.html

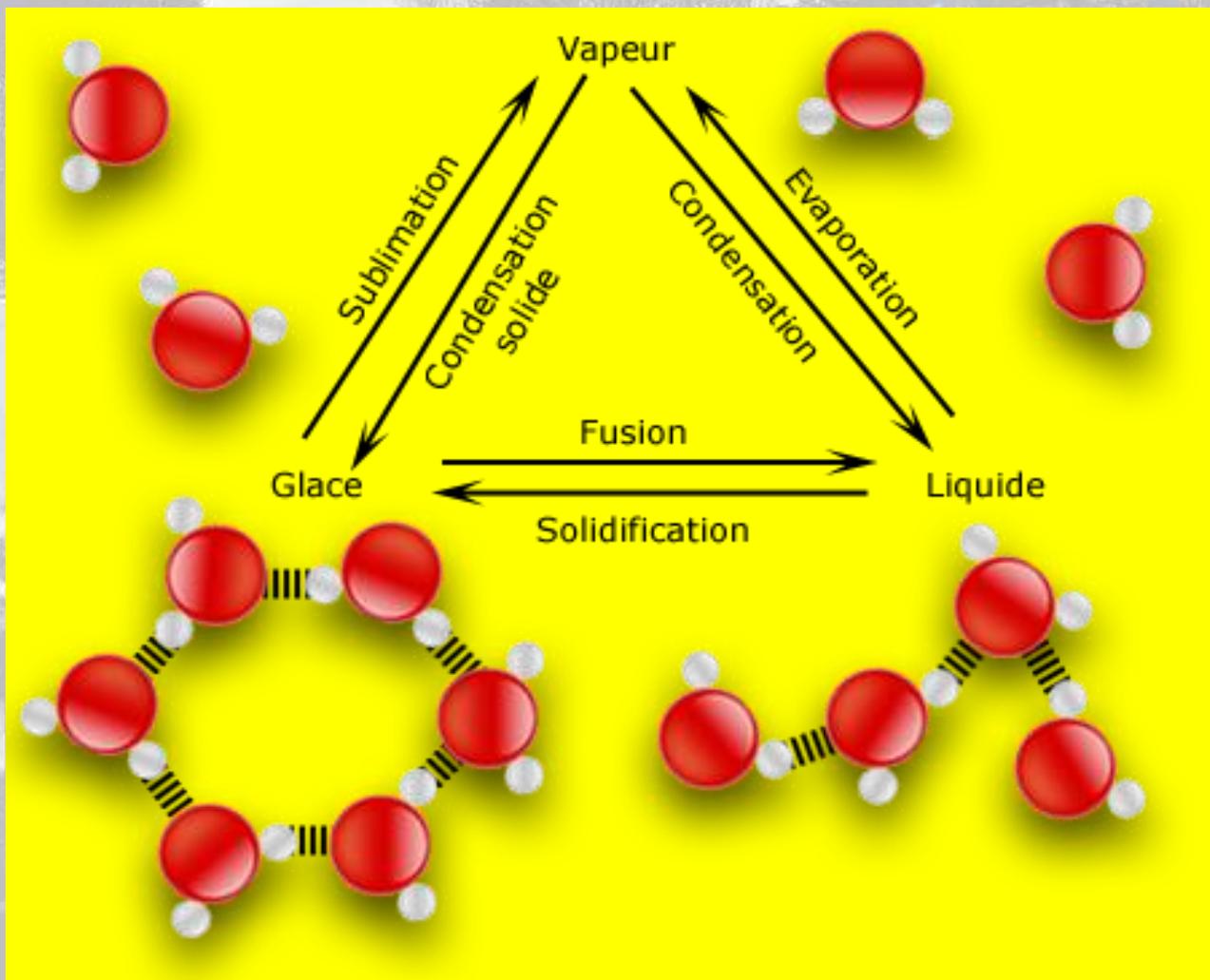
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/sysfacte/effetserre/index.htm#tempmoy>

Sur Mars :

- La pression moyenne est de 0,006 atmosphère, la température moyenne est de -63°C . (Entre -3° et -133°C).
- Les données précédentes sont variables. (Altitude, ensoleillement, orientation des terrains).
- Dans les conditions martiennes, l'eau ne peut être que dans deux états : solide ou vapeur, très exceptionnellement liquide. La glace apparente se sublime très vite.

Sur Vénus :

- La pression moyenne est de 92 atmosphères (celle qui règne à une profondeur de 920 m dans les océans), la température moyenne est de 450° C. (Entre 446° et 490°C).
- Dans ces conditions, l'eau ne peut pas exister sur Vénus. L'eau s'est évaporée et ne reste que sous forme de traces dans la haute atmosphère vénusienne et le rapport deutérium/hydrogène est beaucoup plus élevé que sur Terre.

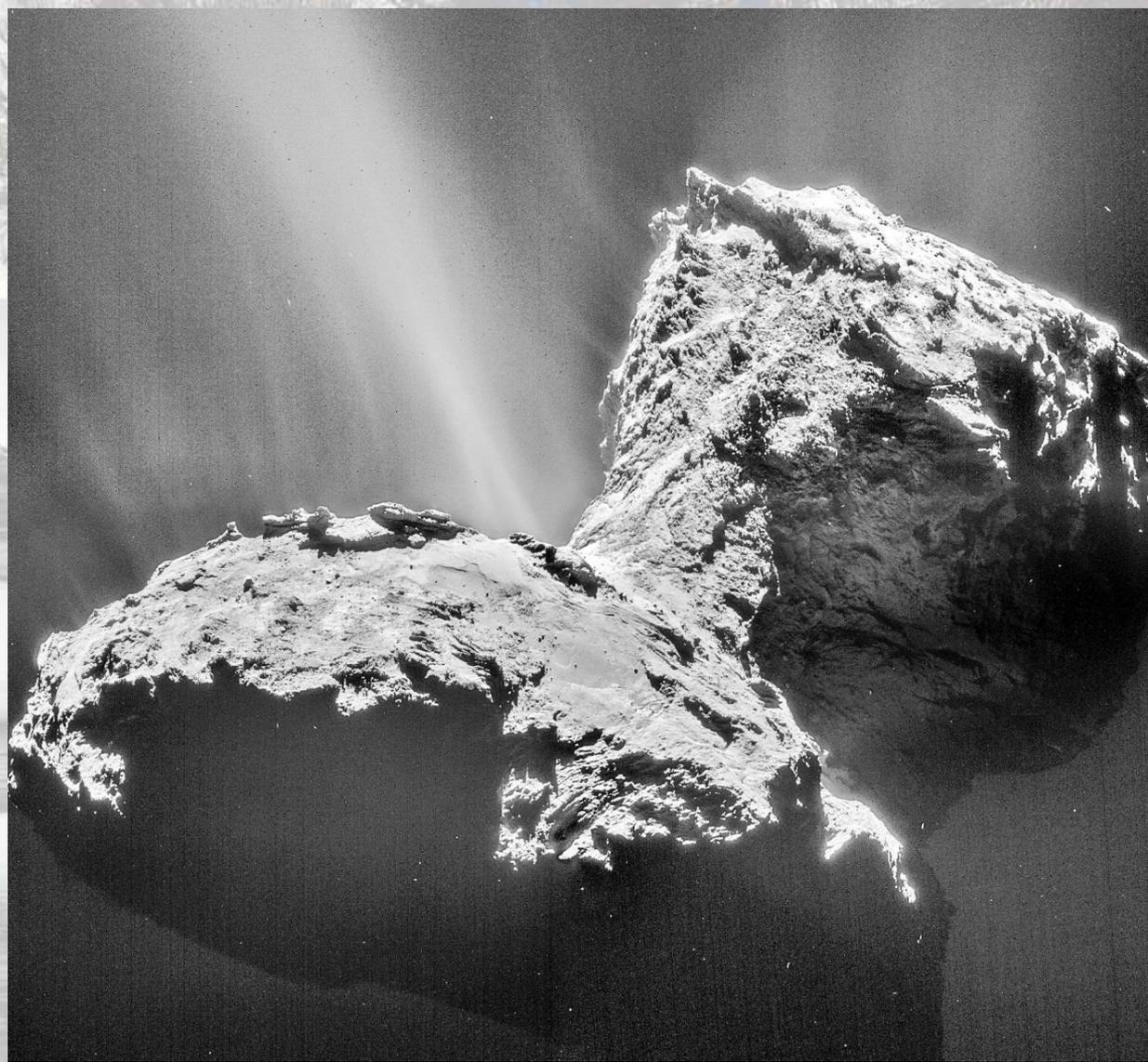


Les changements d'états de l'eau.

Un état étant la traduction visible de l'organisation moléculaire. De libre (vapeur) à contrainte (solide)

<http://tpe-science-eau-marche.e-monsite.com/pages/i-l-eau/les-differents-etats.html>

À une pression quasiment nulle, la glace d'eau passe directement à l'état de vapeur si elle subit un échauffement. On parle de sublimation. C'est le cas dans les comètes lors de leurs passages près du Soleil.



La sonde Rosetta a photographié la comète 67P Tchourioumov-Guerassimienko en cours de dégazage.

Les propriétés de l'eau.

Il n'est pas question de les énumérer toutes, mais uniquement les principales :

- De nombreux corps se dissolvent dans l'eau, des gaz, des acides, des bases, des sucres, des sels mais pas tous, en particulier les corps gras.**

Cette propriété a permis la recombinaison de certaines molécules et la création de nouvelles formules chimiques de plus en plus complexes.

Les propriétés de l'eau.

- La glace d'eau est moins dense que l'eau : elle flotte à la surface. *C'est exceptionnel dans les corps chimiques.*

Et si la glace était plus lourde que l'eau ?

C'est simple, la glace aurait envahi le fond des lacs, des mers, des océans eux-mêmes, la Terre serait une boule glacée, sans pluie, sans ruisseau... sans vie !

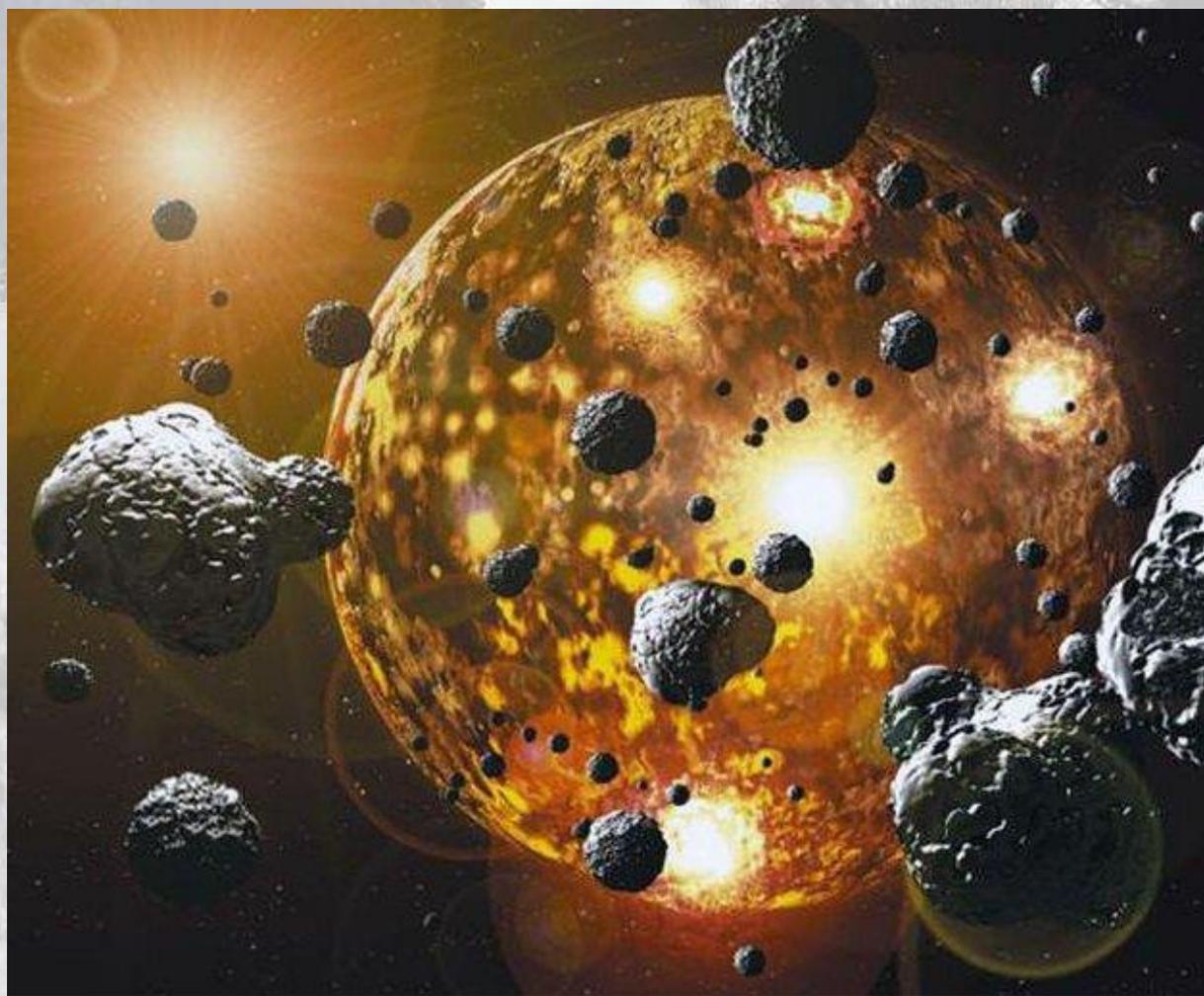
Un grand mystère : d'où vient l'eau de la Terre ?

Les hommes ont compris assez rapidement *le cycle de l'eau* : il pleut, il neige, l'eau ruisselle, forme des torrents, des rivières, des fleuves, des mers et des océans, l'évaporation va renvoyer l'eau dans les nuages et le cycle recommence.

Mais d'où vient-elle ?

Trois hypothèses dominent les débats des scientifiques :

- Elle est là depuis la création de la planète,
- Elle vient des comètes, qui contiennent de l'eau,
- Elle vient des astéroïdes.



Dans les premiers millions d'années de son existence, il y a 4,5 milliards d'années, la Terre est une boule incandescente, bombardée par de nombreux objets, proche du Soleil. L'eau – s'il y en a – ne peut pas être en quantité suffisante !

Première hypothèse



Les comètes contiennent jusqu'à 50% d'eau ! Elles ont percuté la Terre en nombre... mais celles dont on a pu analyser l'eau (par spectroscopie) ont, généralement, une plus forte

concentration en deutérium que nos océans. Cette proportion pose question.

La comète Hale-Bopp

Seconde hypothèse



Vesta, pris par la sonde Dawn

Troisième hypothèse

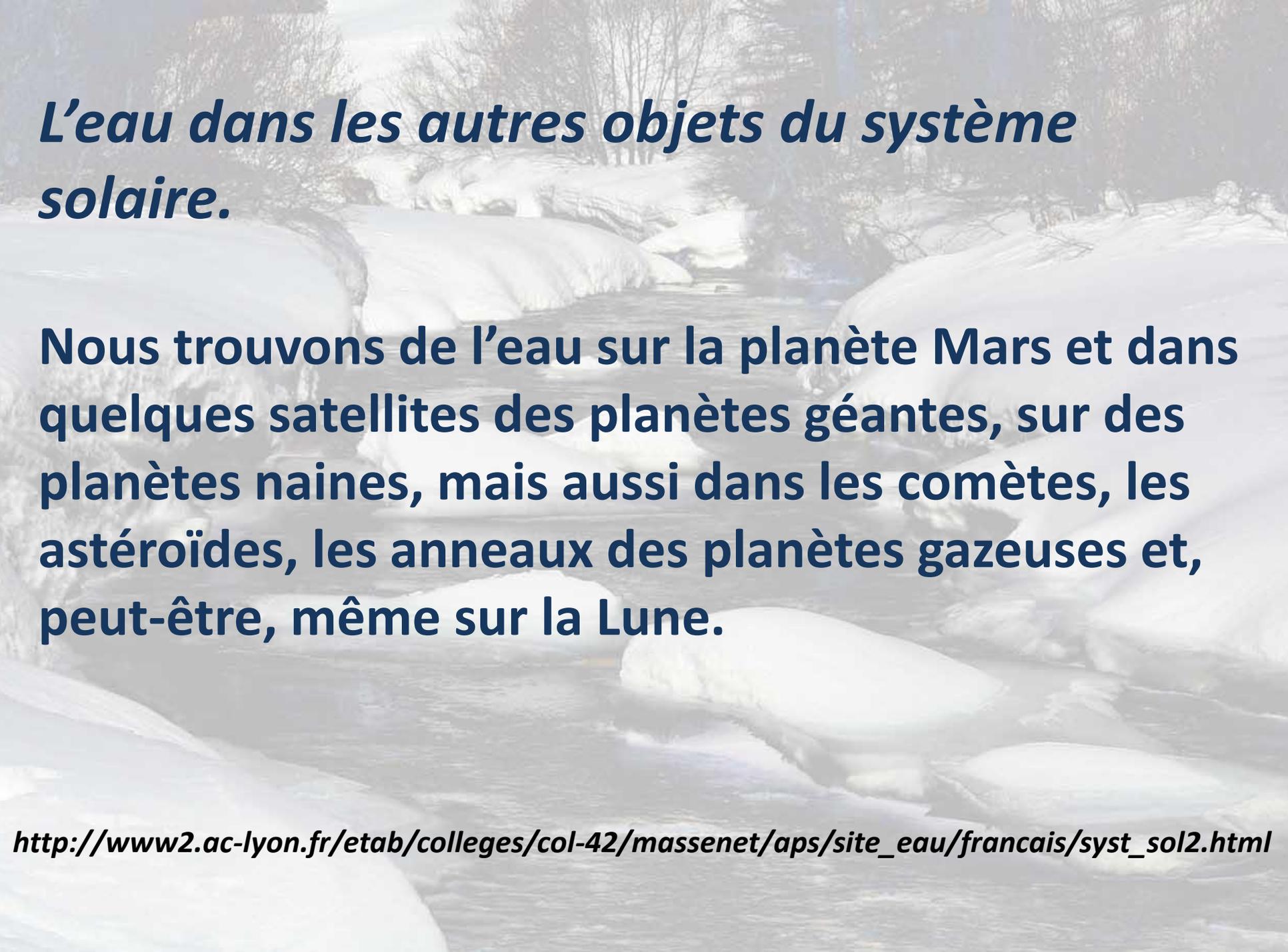
bombardement d'astéroïdes il y a 3,8 milliards d'années.

L'eau des astéroïdes analysés ressemble à celle de nos océans, avec un peu moins de deutérium.

L'eau pourrait provenir des astéroïdes. À l'origine, les astronomes pensaient que ces petits corps ne contenaient pas d'eau. On s'est aperçu depuis qu'ils en contiennent. Le modèle de Nice, décrivant l'évolution du système planétaire du Soleil, suppose un très intense

**Bien sûr, il se pourrait que l'eau soit
venue d'une autre source et plus
probablement d'une combinaison de
plusieurs !**

**Il est aussi vraisemblable que l'activité solaire ait
modifié peu à peu le rapport
Deutérium/Hydrogène dans les océans.**



L'eau dans les autres objets du système solaire.

Nous trouvons de l'eau sur la planète Mars et dans quelques satellites des planètes géantes, sur des planètes naines, mais aussi dans les comètes, les astéroïdes, les anneaux des planètes gazeuses et, peut-être, même sur la Lune.

La planète la plus prometteuse est Mars. Elle est aussi la plus explorée.

**Opportunity
Spirit 2004:**

**Pathfinder
Sojourner
1996**

Curiosity 2012

Une panoplie des visiteurs de Mars (après 1996)

Mars Global Surveyor
(NASA 1997-2006)



Mars Express
(ESA, 2003)



Phoenix 2008



Pathfinder
1997



Mars Odyssey
(NASA, 2001)



Mangalayan
(ISRO, 2014)



Mars
Reconnaissance
Orbiter (NASA, 2006)

Spirit &
Opportunity
(NASA, 2004)



Curiosity
(NASA, 2012)

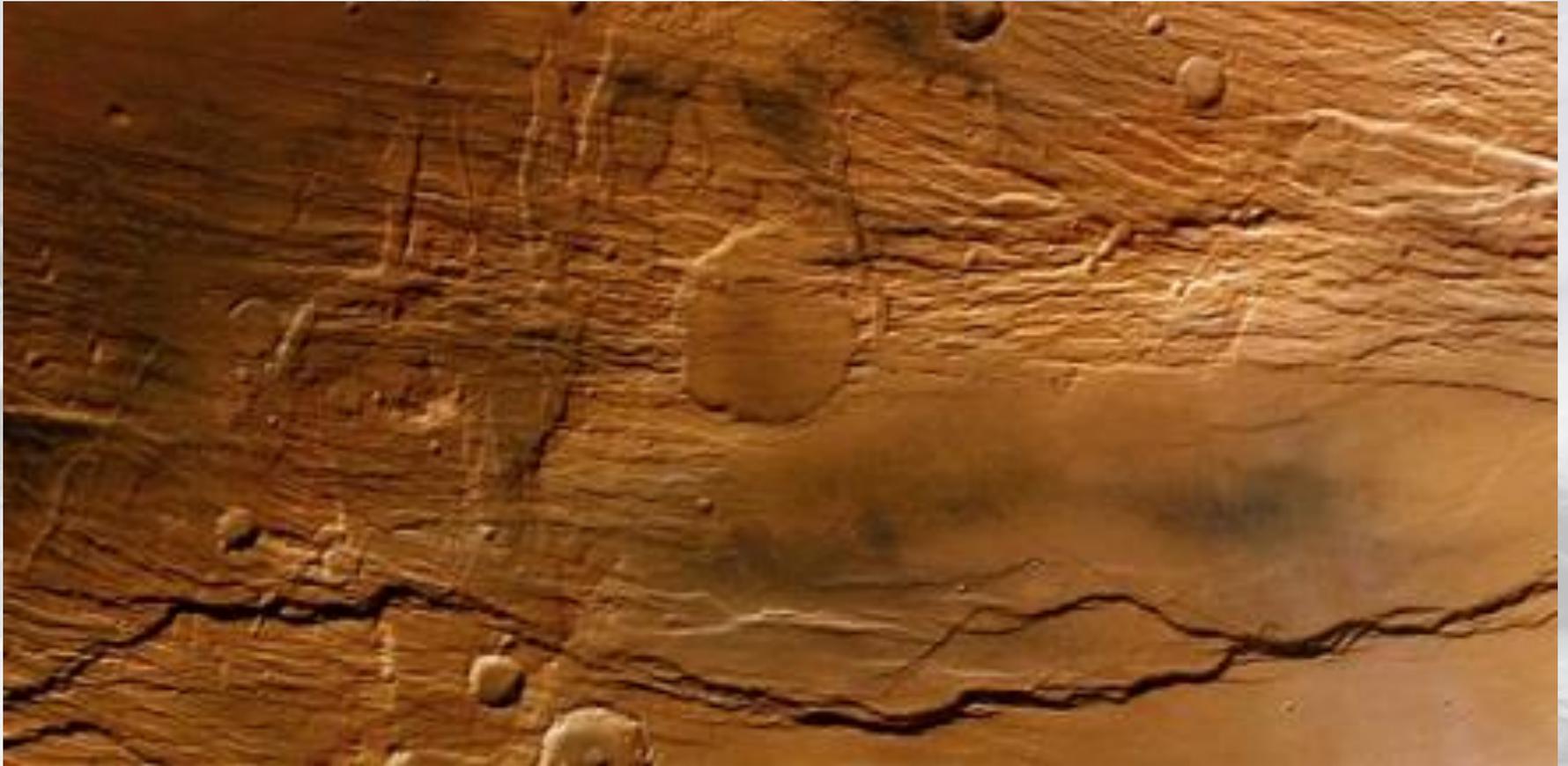


MAVEN (NASA, 2014)

Tous ces engins nous ont apporté la preuve que l'eau a coulé en abondance sur la planète il y a encore quelques millions ou milliards d'années. Vous trouverez des centaines, des milliers d'images sur les sites des agences NASA, ESA ...



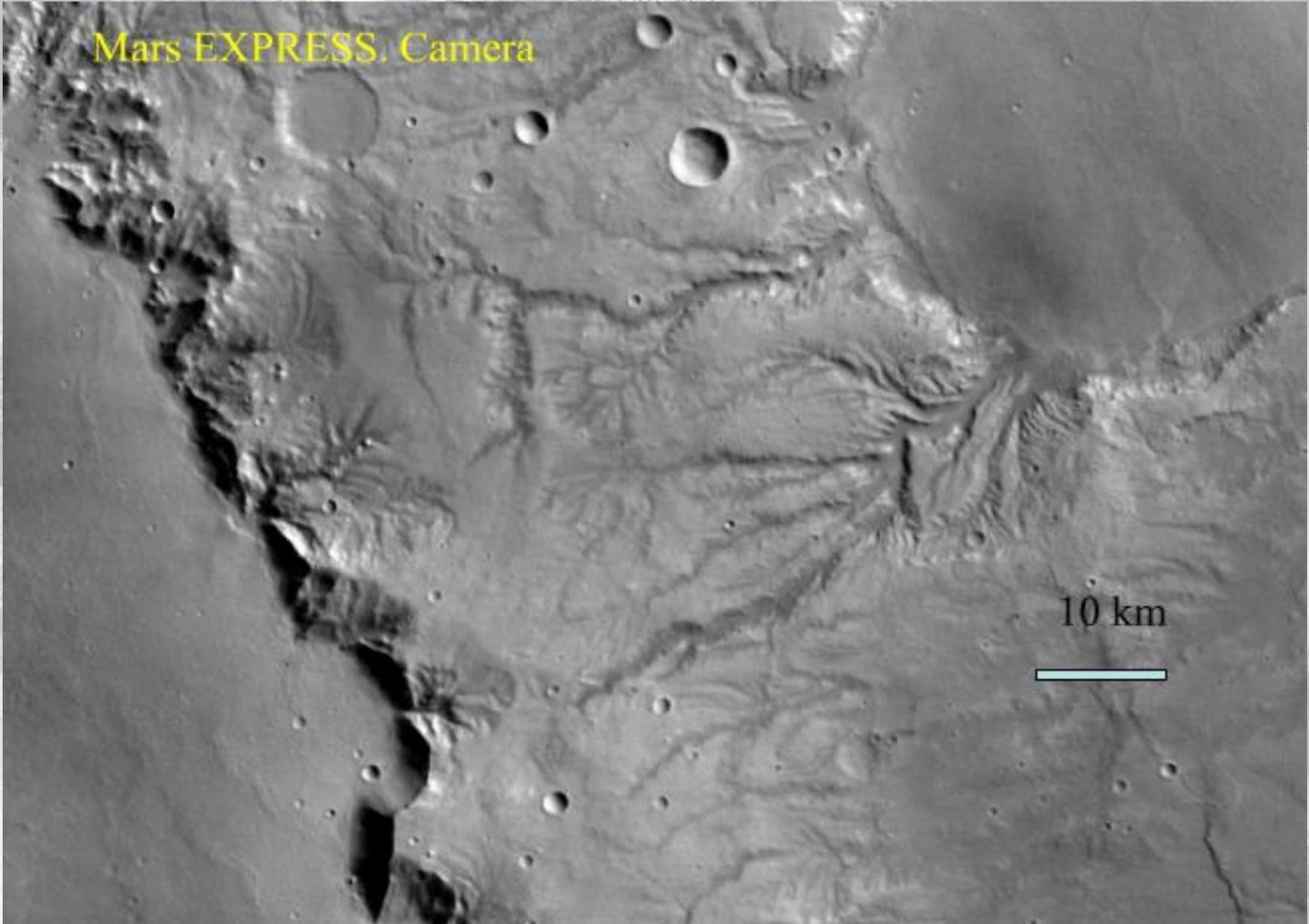
Tous ces engins nous ont apporté la preuve que l'eau a coulé en abondance sur la planète il y a encore quelques millions ou milliards d'années. Vous trouverez des centaines, des milliers d'images sur les sites des agences NASA, ESA ...

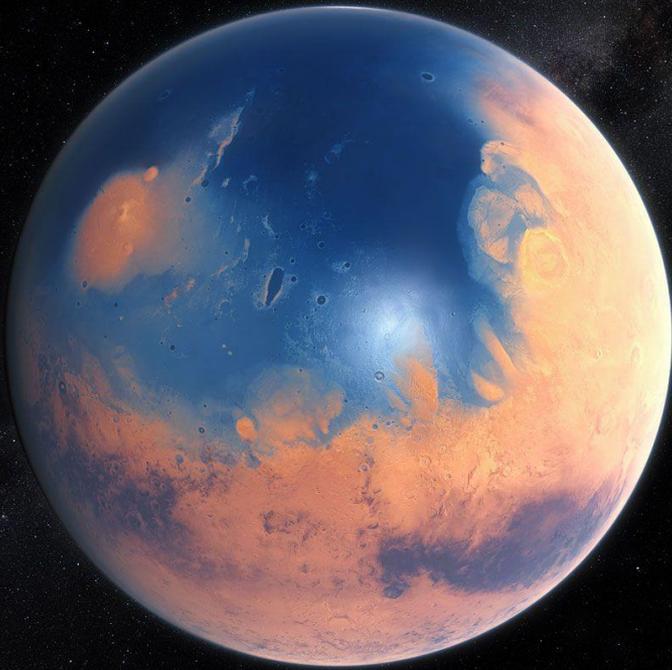


Tous ces engins nous ont apporté la preuve que l'eau a coulé en abondance sur la planète il y a encore quelques millions ou milliards d'années. Vous trouverez des centaines, des milliers d'images sur les sites des agences NASA, ESA ...



Mars EXPRESS. Camera





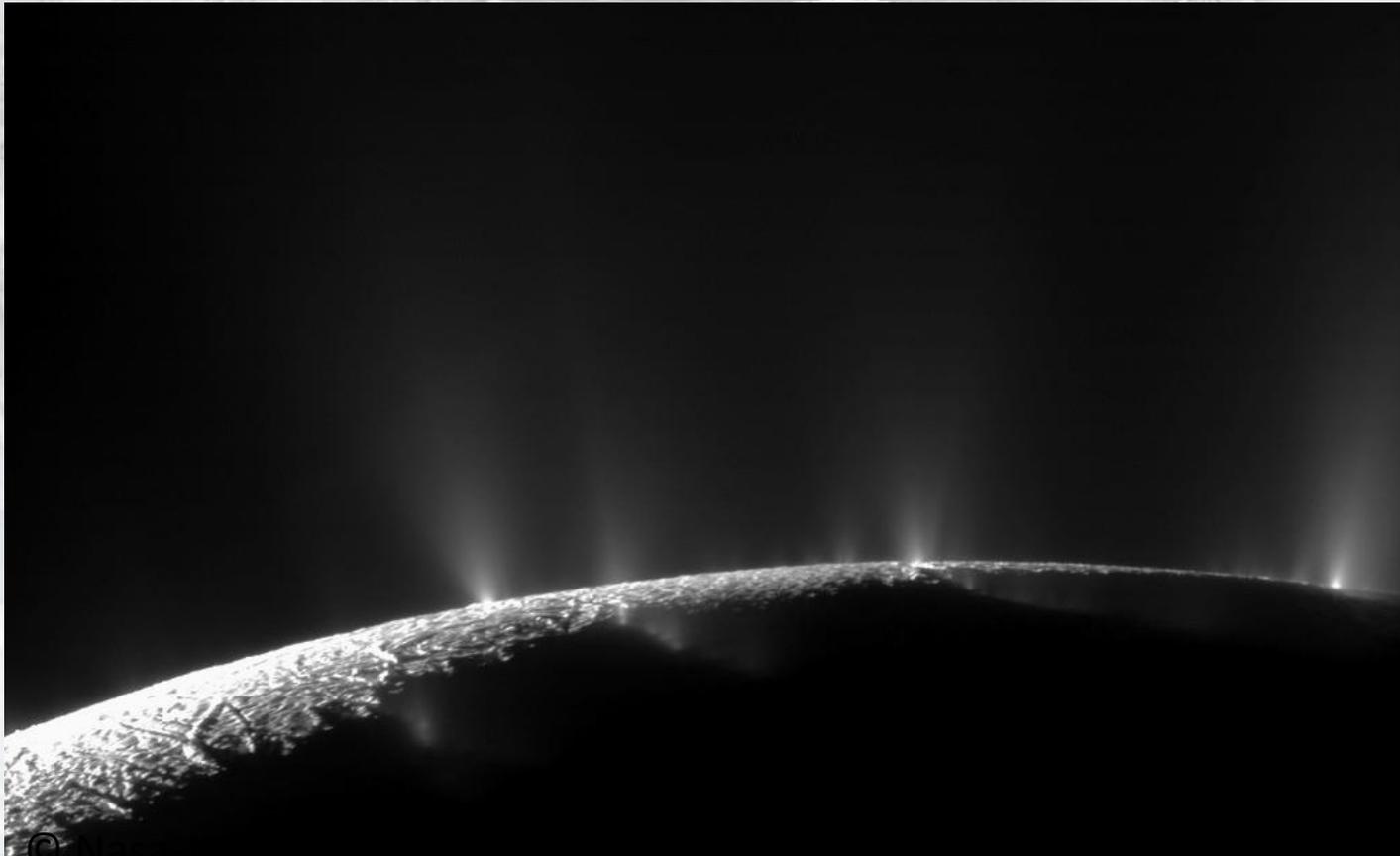
Mars étant trop légère, la pression atmosphérique est tombée rapidement. L'eau s'est évaporée, le rayonnement solaire a dissocié les molécules d'eau : Mars a perdu son hydrogène.

Il reste de la glace d'eau essentiellement au pôle nord et en sous-sol.

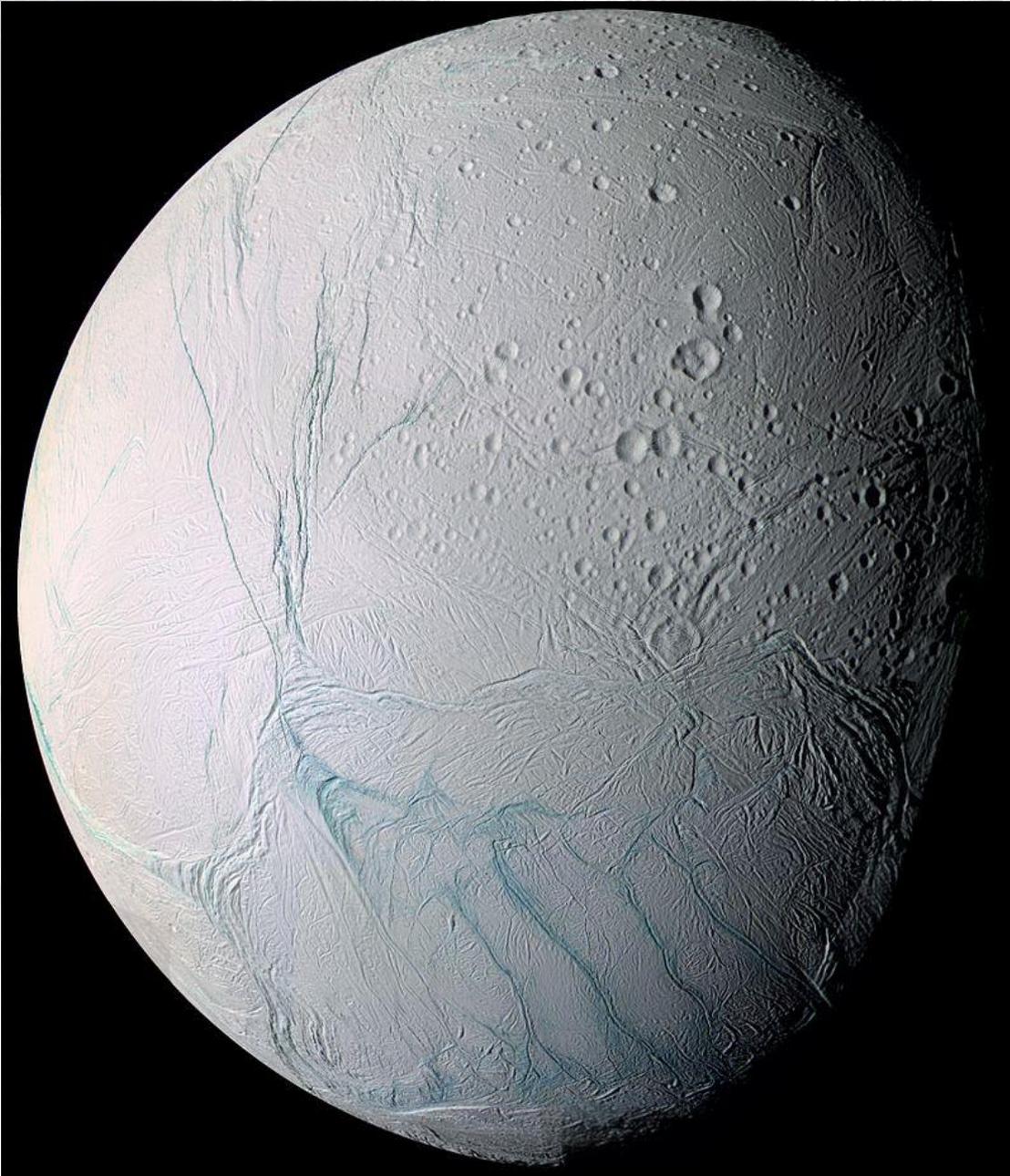
Le magnétisme a disparu assez tôt, ne préservant plus la planète du rayonnement ultra-violet intense du Soleil.

Rêve d'artiste : l'océan de Mars il y a 4 milliards d'années !

Certains « gros » satellites des planètes géantes nous ont apporté leurs lots de surprises. Soit que leurs surfaces soient ressemblantes à une calotte polaire, soit qu'ils soient sujets à un type de volcanisme froid – cryovolcanisme – des geysers éjectant de l'eau des profondeurs de ces objets.



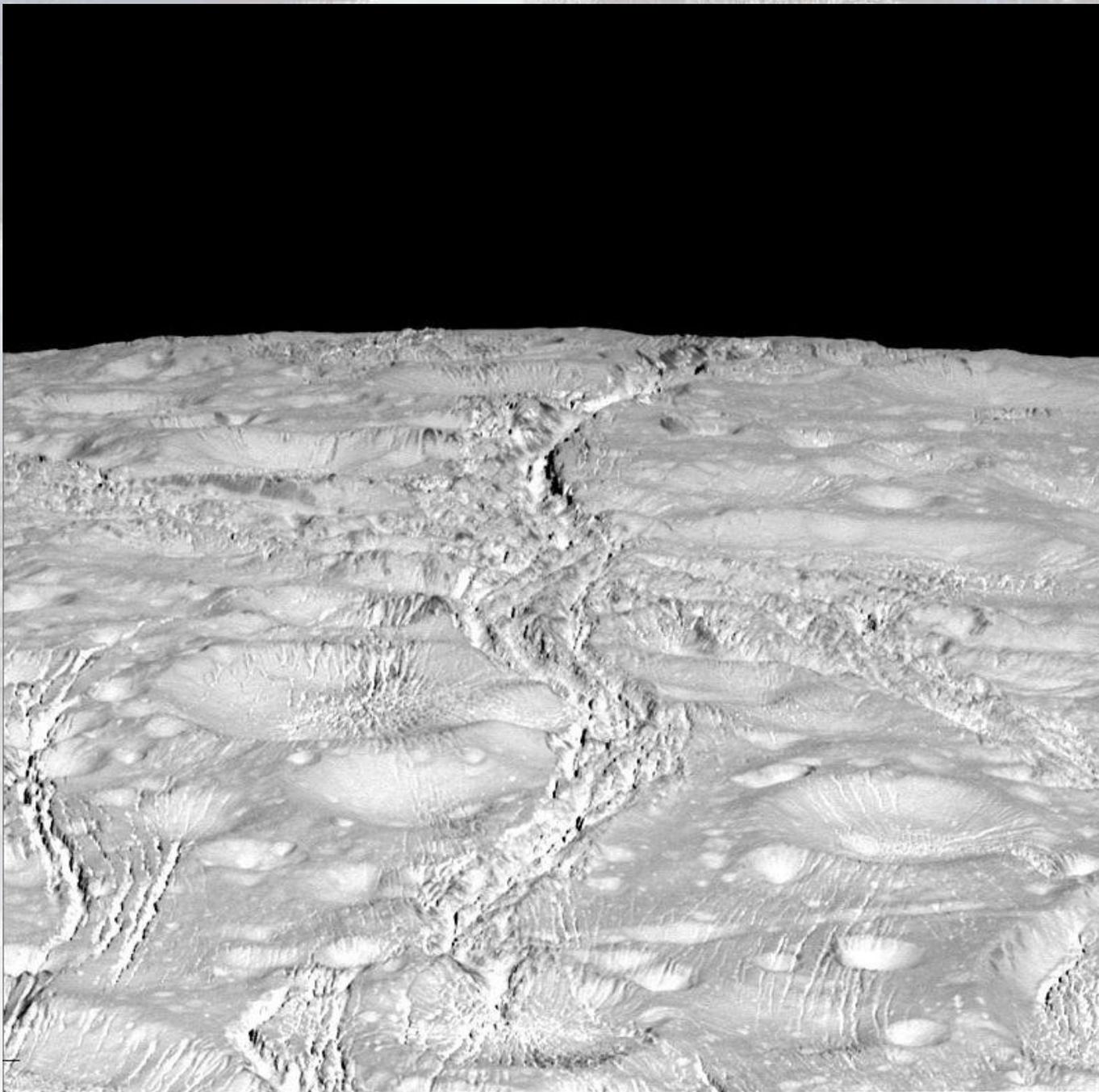
Le premier exemple a été saisi par la sonde Cassini, sur Encelade, satellite de Saturne.



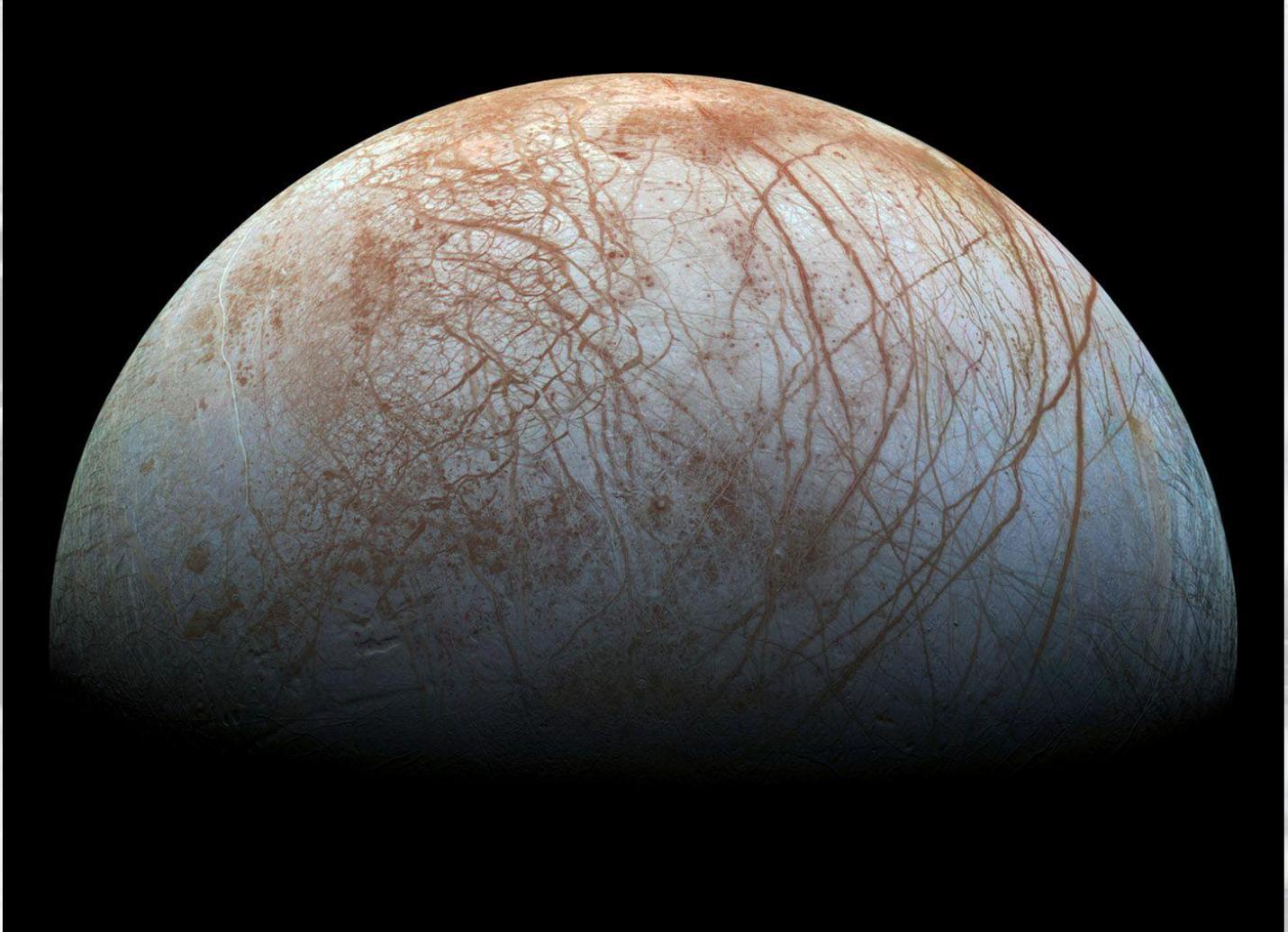
Sur Encelade, les geysers semblent être présents le long « des griffes du tigre », ces rayures bleutées, vues en bas à droite de l'image.

Le diamètre d'Encelade est de 500 km. Son intérieur est « chauffé » par les forces de marées de Saturne.

**Une autre vue
d'Encelade.**



Un autre exemple : Europe, satellite de Jupiter. Cette image prise par la sonde Galileo semble montrer une banquise fracturée par les mouvements de la glace. Cache-t-elle un océan?

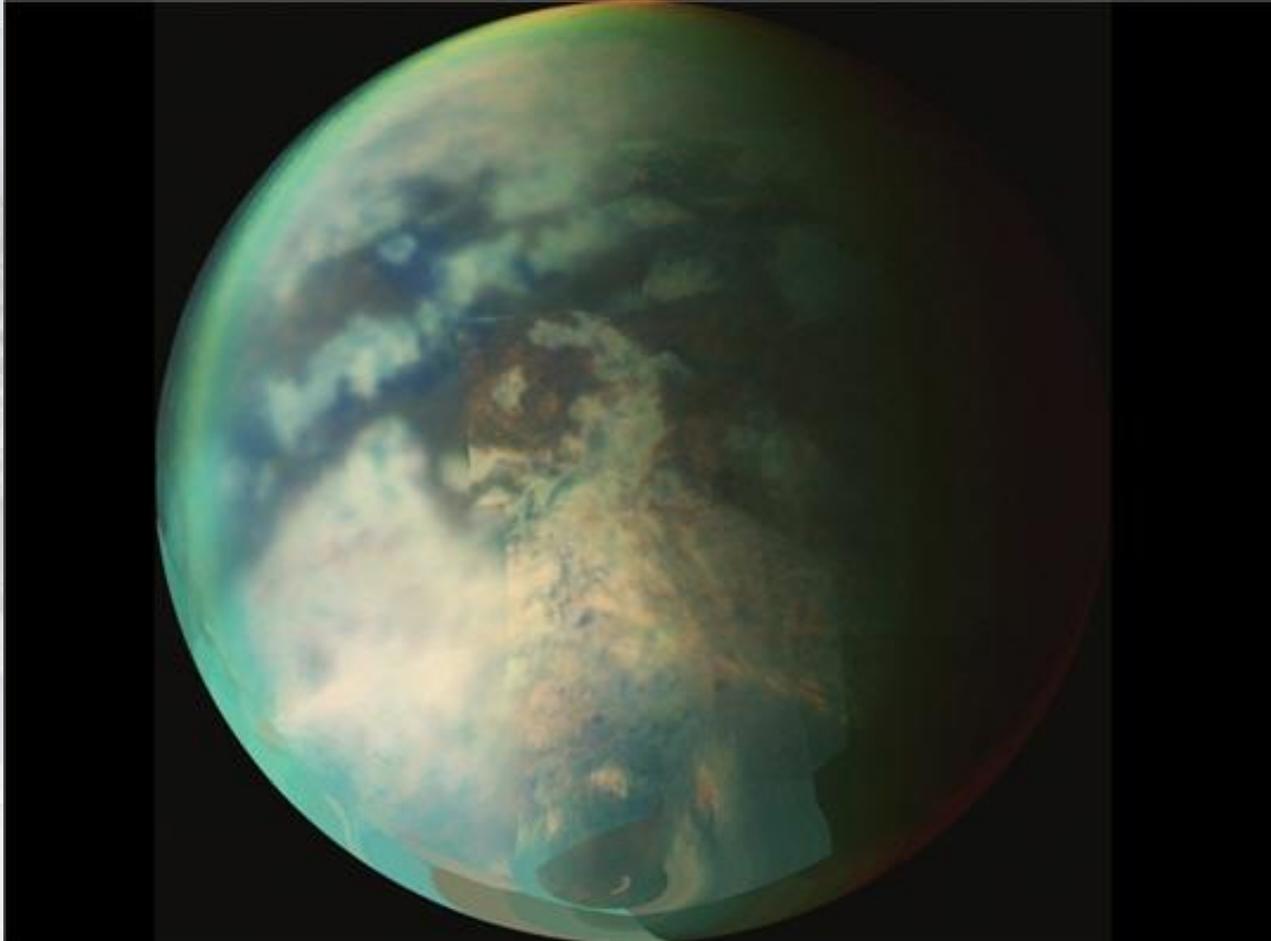


*Il faudrait aussi parler des
deux autres satellites de
Jupiter : Ganymède (ci-
dessous)...*



... et de Callisto.

Titan, satellite de Saturne, où la pression est voisine d'une atmosphère, les saisons existent, un cycle du méthane existe, identique au cycle de l'eau sur Terre, malgré une



température de -170 °C. C'est encore à ce jour le seul satellite du système solaire où l'homme a réussi à poser une sonde (à l'exception de la Lune bien sûr) !

L'eau et la vie...

l'eau est la vie...

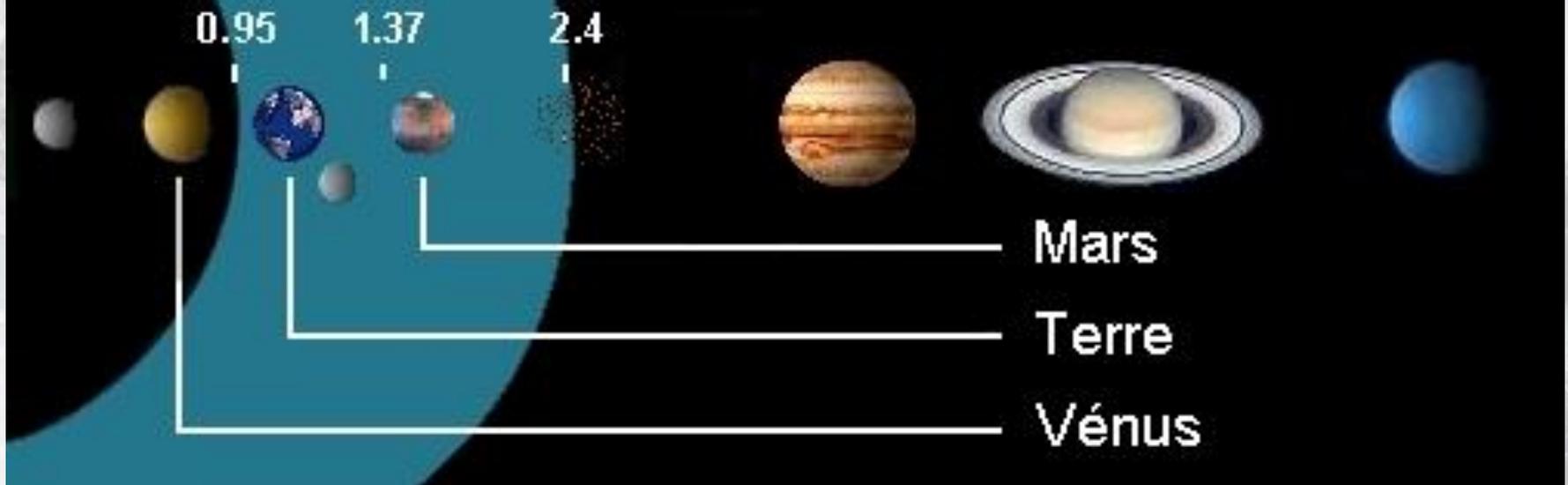
Cela, tout le monde le sait, bien que définir « la vie » et le « vivant » ne soit pas un exercice simple. Aussi nous ne nous attarderons pas sur ce point.

Autour d'une étoile, les scientifiques ont défini une « zone d'habitabilité », zone dans laquelle une planète pourrait avoir en surface de l'eau liquide et peut-être localement, de l'eau sous tous ses états.

***Attention : zone d'habitabilité ne veut pas dire
« zone habitée » !***

La zone d'habitabilité du Soleil est la zone bleutée. Il est probable que Vénus ait été, dans le passé, dans cette zone, que la Terre en sortira un jour car cette zone grandit au fur et à mesure que le rayonnement du Soleil augmente. Mars, bien que dans la zone, n'a pas pu conserver son eau.

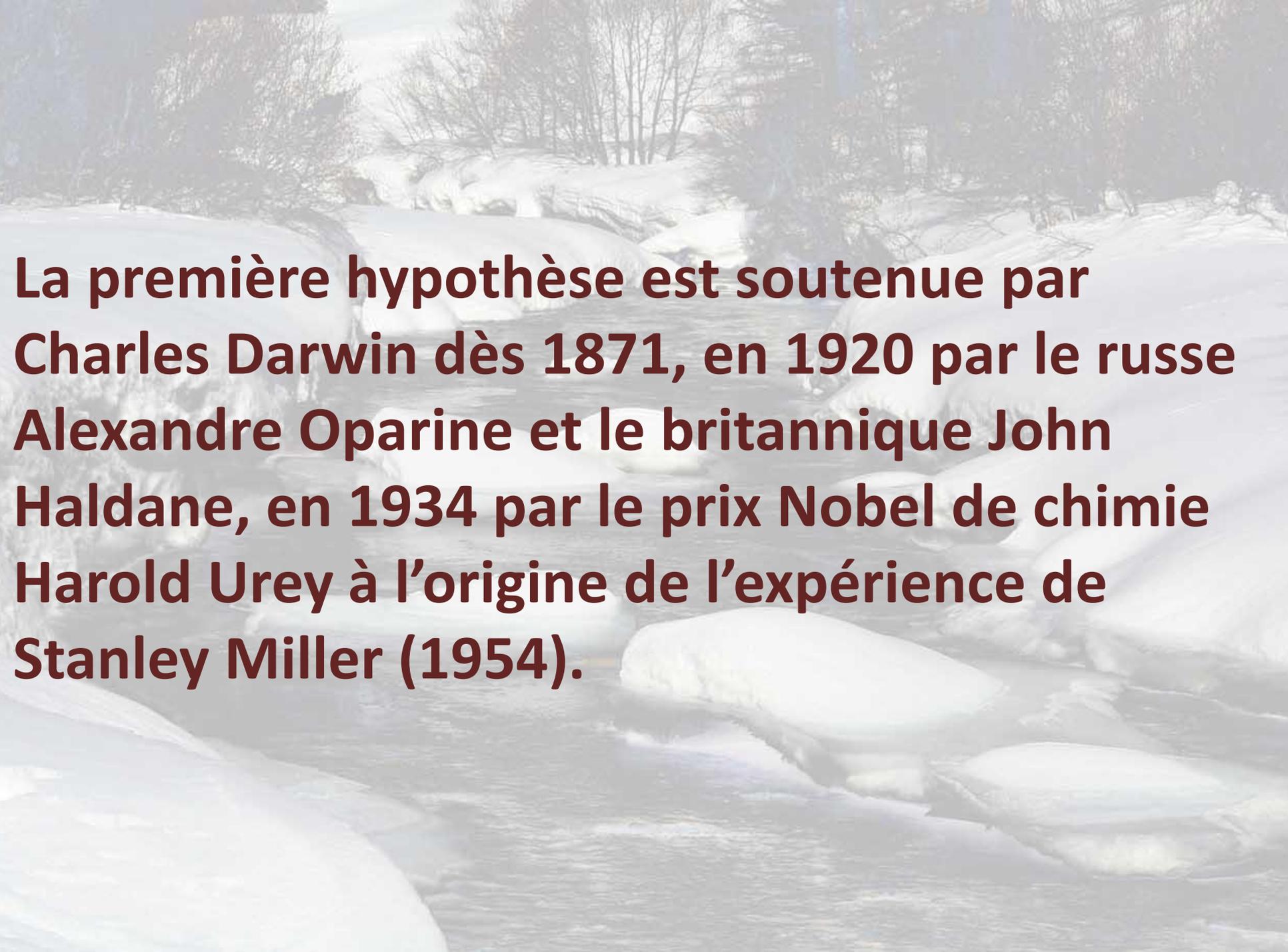
La zone habitable du système solaire aujourd'hui



La Terre est dans la zone d'habitabilité du Soleil, mais nous ne savons toujours pas comment la vie est apparue !

Deux hypothèses principales concernent l'apparition de la vie sur la Terre :

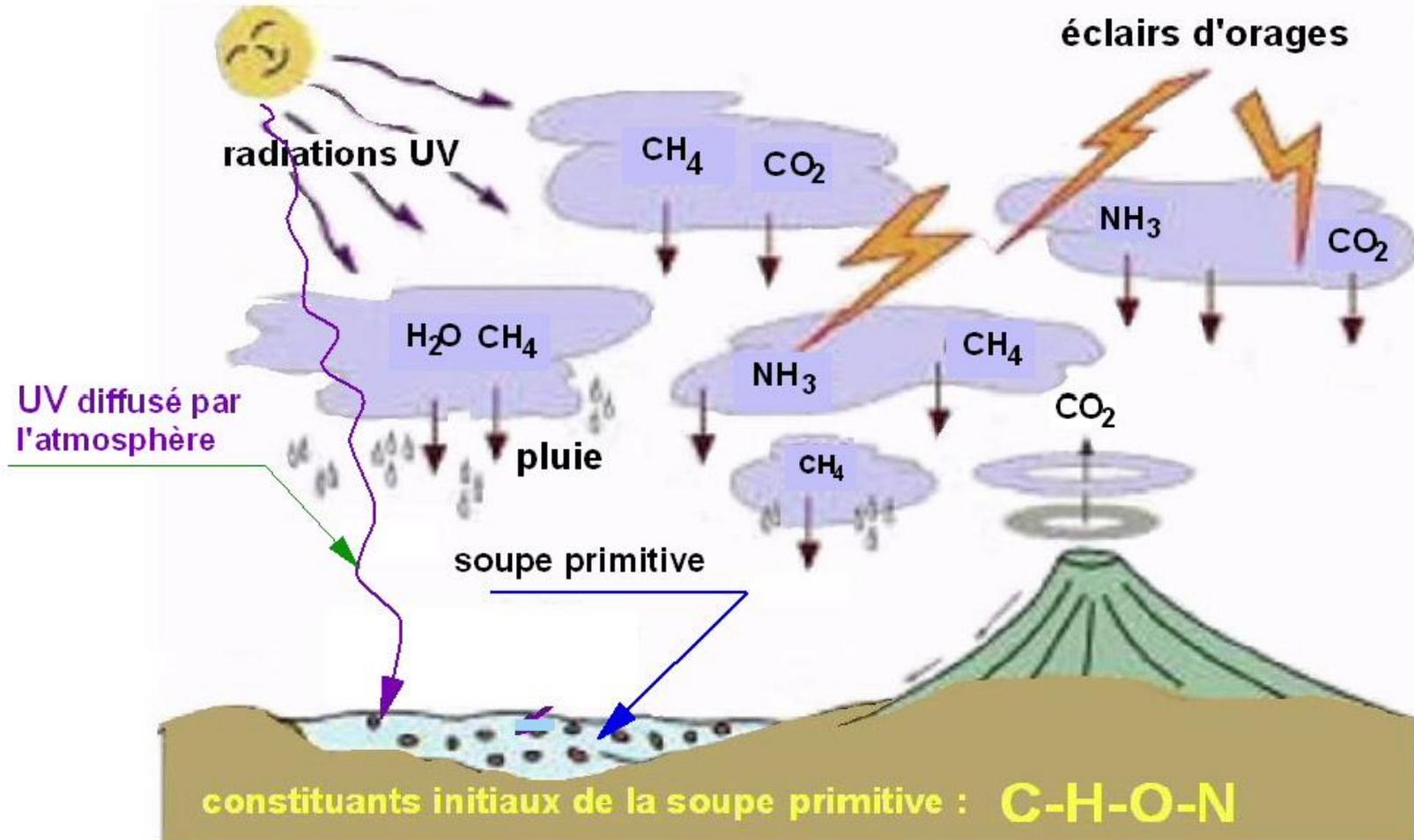
- **Elle s'est développée dans une espèce de soupe d'eau, de méthane, de gaz carbonique, soumise à des conditions extrêmes de pression, de température, sous un flot constant d'éclairs...**
- **Elle nous vient de l'espace interstellaire.**



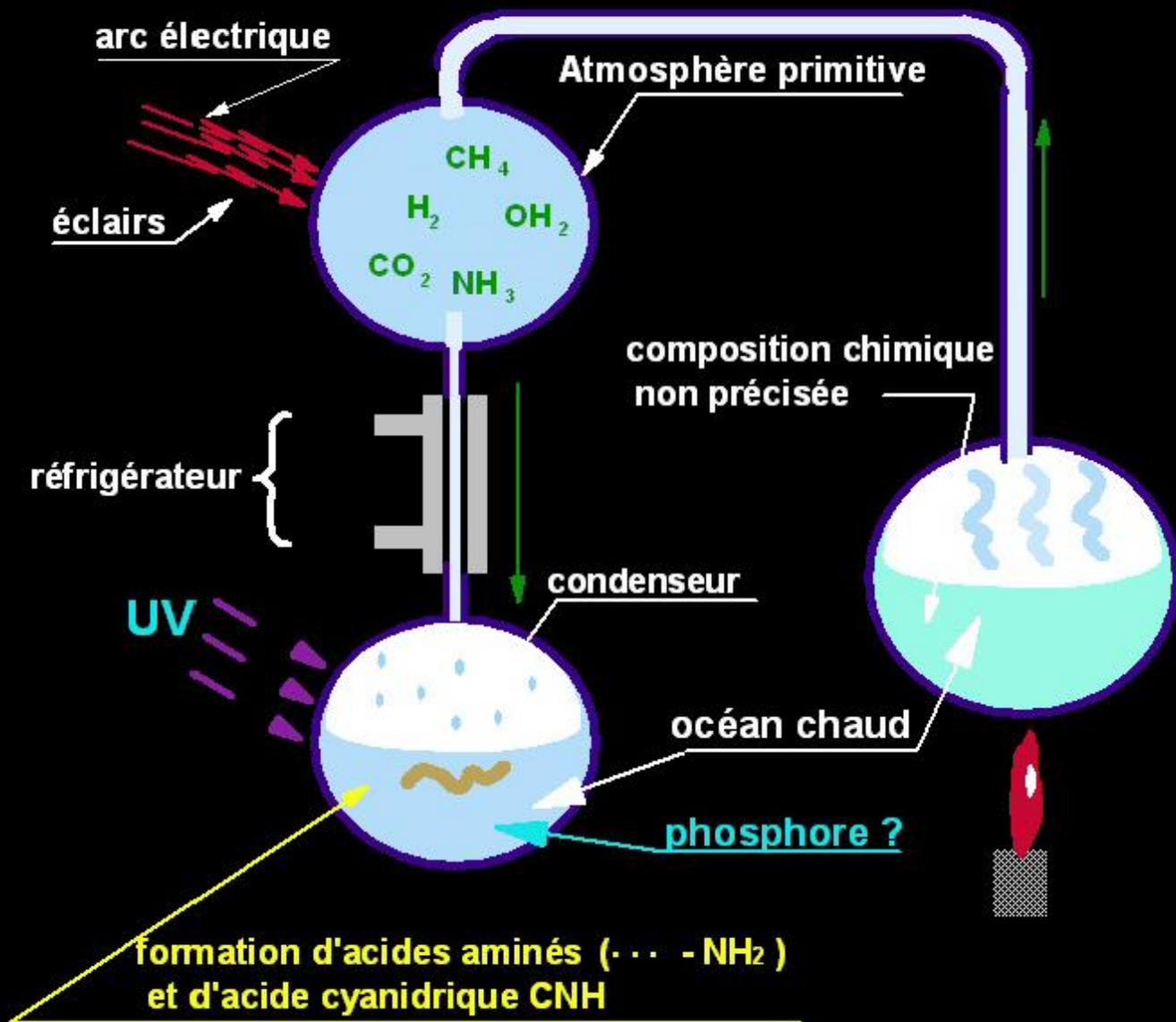
La première hypothèse est soutenue par Charles Darwin dès 1871, en 1920 par le russe Alexandre Oparine et le britannique John Haldane, en 1934 par le prix Nobel de chimie Harold Urey à l'origine de l'expérience de Stanley Miller (1954).

Atmosphère terrestre primitive il y a 4 milliards d'années

Modèle de Urey



Le modèle de la soupe primitive.



EXPERIENCE DE MILLER

La panspermie : la vie nous est venue de l'extérieur.
Certes les éléphants ne sont pas venus tout droit du ciel, ni les hommes. Mais les astronomes ont découvert dans les nuages de gaz des nébuleuses interstellaires, des molécules organiques : méthane, alcool éthylique, acide acétique, l'acétone...

Ces mêmes molécules ont été retrouvées dans la queue de la comète Tchoury. Une information de l'ESA signale la présence de glycine, un acide aminé que l'on retrouve dans l'ADN.

Bien sûr trouver des traces de vie sur l'une des planètes du système solaire ferait la gloire de cette hypothèse.

https://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_interstellaires

<http://www.exobiologie.fr/index.php/actualites/publications-scientifiques/la-comete-de-rosetta-contient-de-la-glycine-et-du-phosphore/>

L'eau et la vie...

l'eau est la vie...

Par contre, les recherches sur la vie « dans des conditions extrêmes » nous apprennent que la vie va parfois se nicher dans des endroits hautement improbables. Les organismes vivant dans ces endroits sont des « extrémophiles ».

Et peut-être faut-il chercher la vie dans ces milieux extrêmes où on ne l'attend pas déjà sur Terre, mais aussi sur Mars, Encelade, Europe et pourquoi pas sur les planètes naines les plus lointaines, hors de la zone d'habitabilité ?! Pourrons nous y trouver des traces de vie même fossiles?

Voici quelques exemples de vie extrême sur Terre.



*Hypsibius
dujardini ou
ourson d'eau*

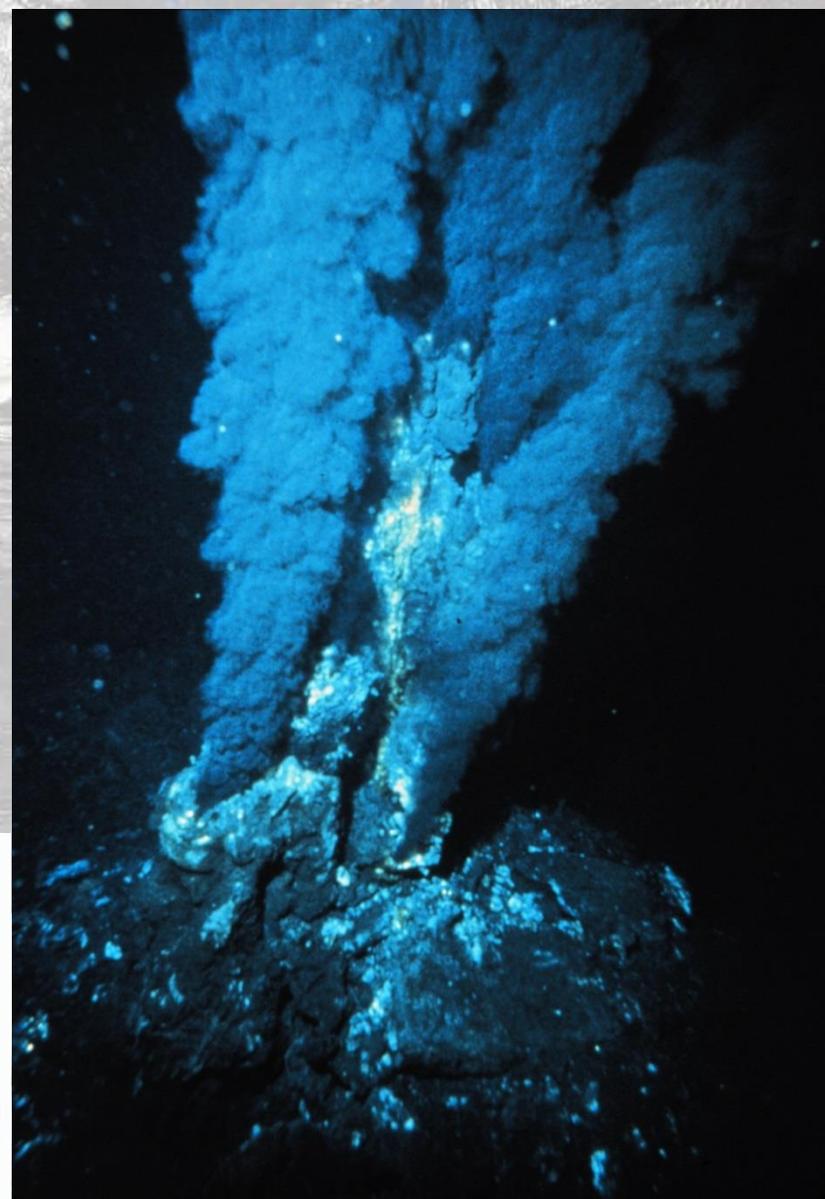
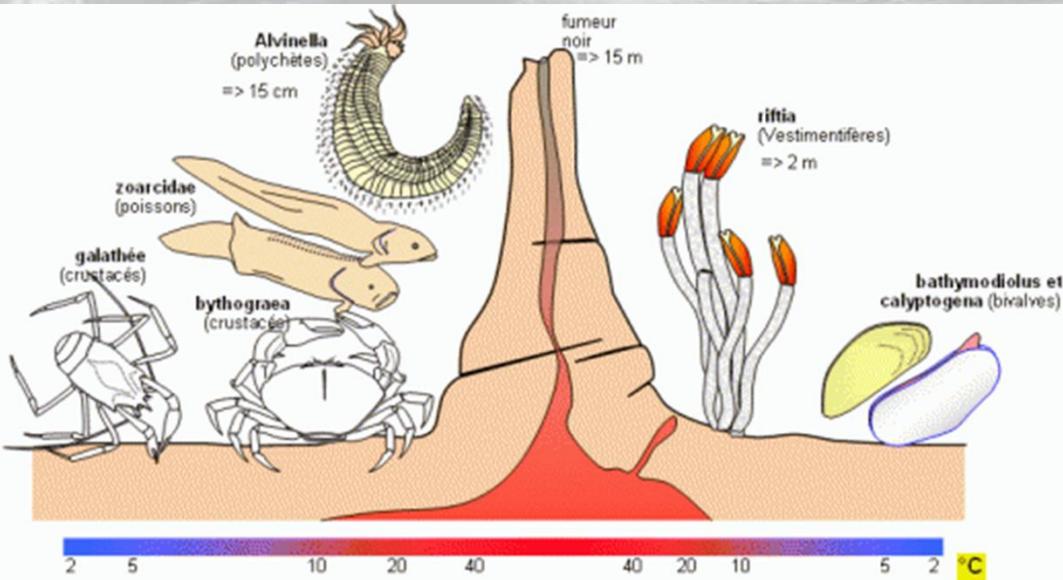
Le tardigrade : un extrêmophile extraordinaire, qui résiste à une température allant de -272°C à 150°C ; capable de vivre dans le vide mais aussi à une pression

correspondant à une colonne d'eau de 6 km ; il résiste aux radiations et aux produits toxiques...

Photographie prise au microscope électronique. Taille adulte : de 0,5 à 1,5 mm.

<http://messagesdelanature.ek.la/organismes-extremophiles-p259222>

La vie au fond des océans :
Par 5000 m de profondeur
et plus, les fumeurs noirs
sont entourés de vie :
crevettes, poissons,
bivalves, ... comme nous le
montre cet extrait d'un
film de l'IFREMER.



<https://files.acrobat.com/a/preview/651972d4-891d-47be-8811-b261aeb01cae>



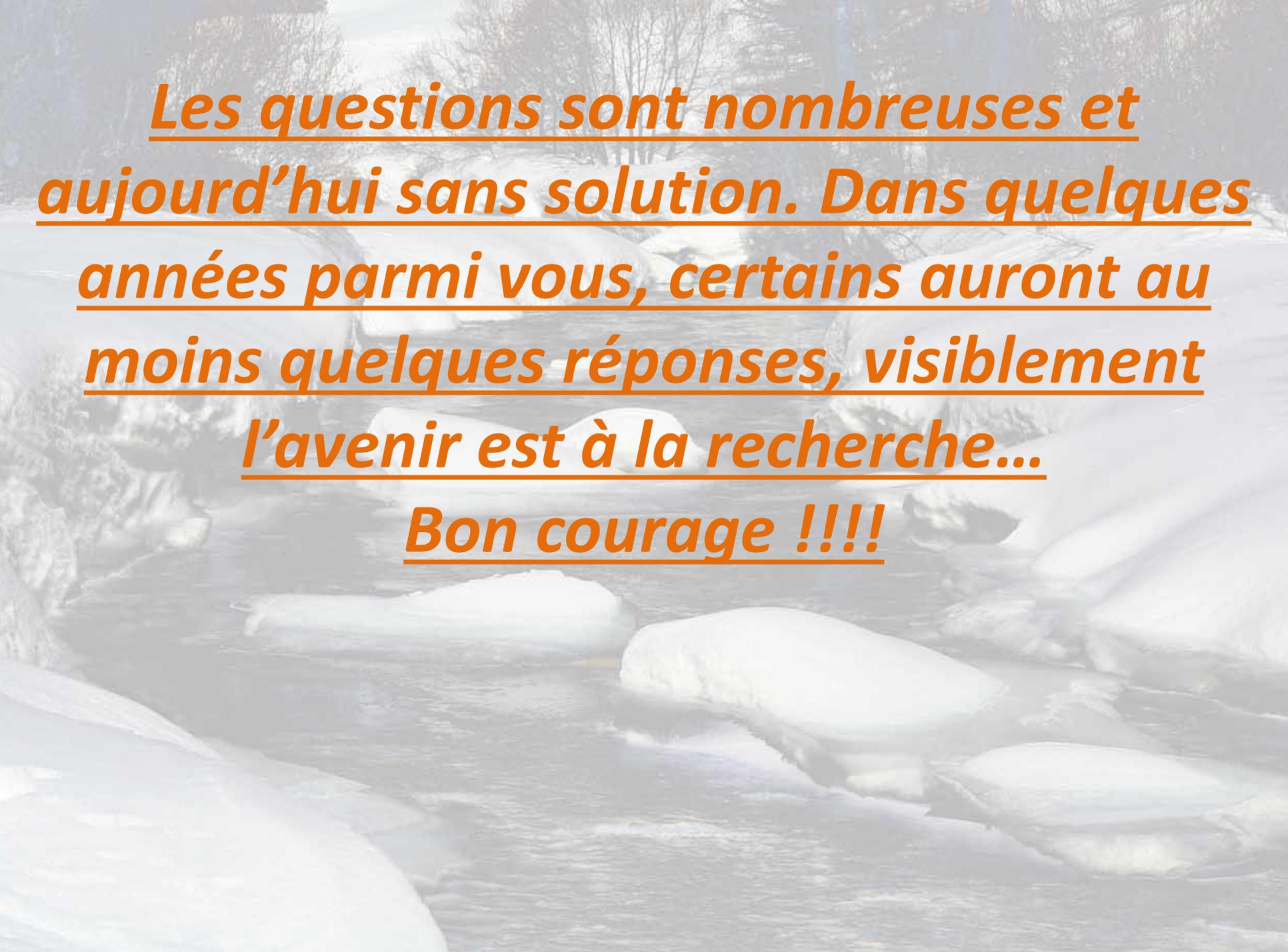
Abysses

La vie dans les ténèbres

Le film original : https://youtu.be/1vtvjH_yvTg

Un autre film à voir :

http://www.dailymotion.com/video/xkzxru_la-vie-extreme-les-mysteres-des-abysses_tech



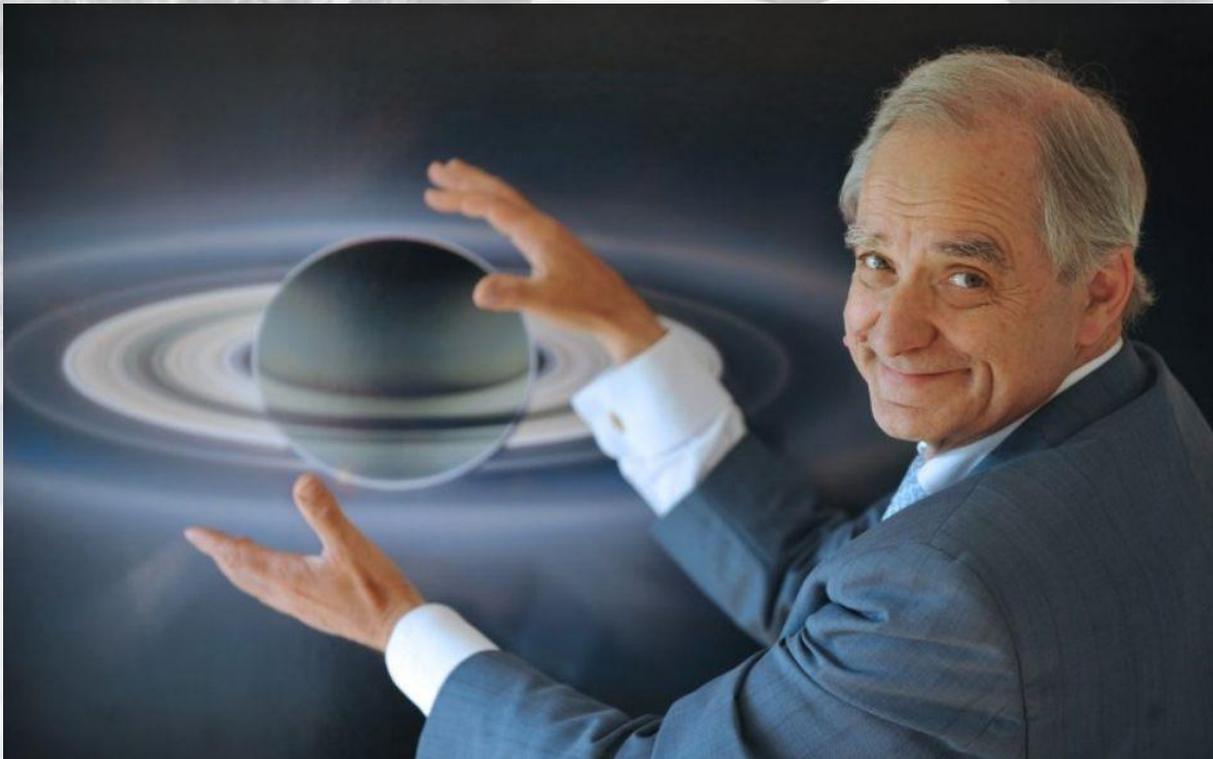
Les questions sont nombreuses et
aujourd'hui sans solution. Dans quelques
années parmi vous, certains auront au
moins quelques réponses, visiblement
l'avenir est à la recherche...

Bon courage !!!!

André Brahic

Nous voudrions rendre hommage à un scientifique grand divulgateur de l'astronomie qui après avoir fait sa thèse sur la stabilité des anneaux de Saturne, découvrit un anneau à Neptune. Sur cet anneau, trois arcs nommés suivant une formule si belle et si républicaine :

« Liberté », « Égalité » et « Fraternité ».



Nous avons aimé cette image prise en 2009 (AFP), André Brahic exprime la joie de « transmettre » la science astronomique !

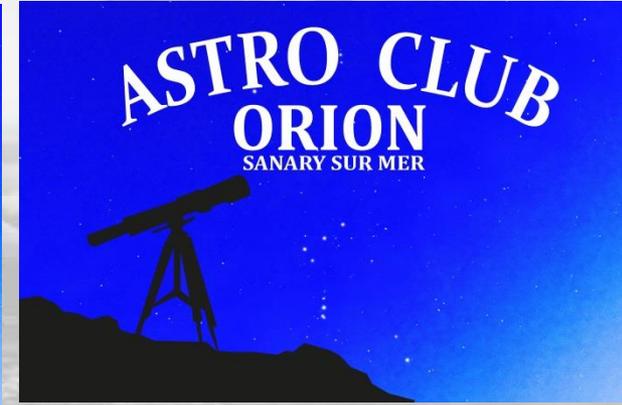
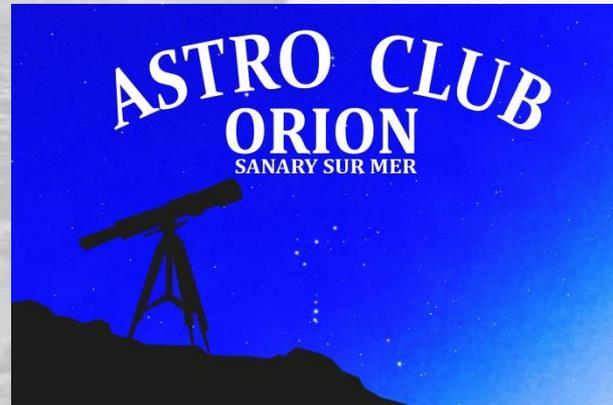
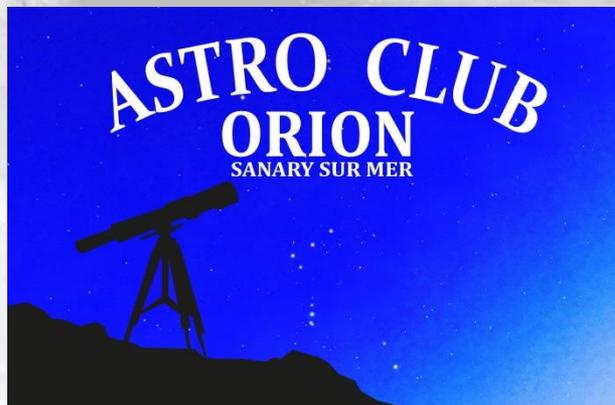
Nous sommes les enfants du temps et des étoiles

.tv

Goldenia Studios et PM Productions



Cette soirée vous a été offerte par l'Astroclub Orion de Sanary-sur-Mer. C'est un événement à l'échelon national organisé par l'Association Française d'Astronomie. Aidée en cela par le CNES, AIRBUS, le CEA, le CNRS et la revue Ciel & Espace.





Merci de votre écoute...