

# Chapitre 1 – Les conditions de la vie : une particularité de la Terre ?

## SOMMAIRE

<u>1- La Terre dans le système solaire</u> .....	2
<u>1-1- Le système solaire : localisation</u> .....	2
<u>1-2- Le soleil, l'étoile du système solaire</u> .....	2
<u>1-3- Les planètes du système solaire (cf. diaporama des objets du système solaire)</u> .....	4
<u>A- Les planètes telluriques = Mercure, Vénus, Terre, Mars</u> .....	4
<u>B- Les planètes gazeuses : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune</u> .....	4
<u>C- Les planètes naines</u> .....	4
<u>D- Les astéroïdes et les comètes : des corps particuliers</u> .....	5
<u>2- Les particularités de la Terre</u> .....	6
<u>3- Énergie reçue et distance de la planète au Soleil</u> .....	7
<u>4- La présence d'une atmosphère</u> .....	8
<u>4-1- La composition de l'atmosphère terrestre</u> .....	8
<u>4-2- Structure verticale de l'atmosphère</u> .....	8
<u>4-4- Origine de l'oxygène libre dans l'atmosphère</u> .....	10
<u>5- La présence d'eau liquide</u> .....	11
<u>6- Au pays de Boucles d'or, la zone d'habitable autour d'une étoile</u> .....	12
<u>Conclusion :</u> .....	13

# 1- La Terre dans le système solaire

## 1-1-Le système solaire : localisation

Le système solaire fait partie d'une galaxie de l'univers, la Voie Lactée.

Une galaxie comprend environ 200 milliards d'étoiles, de poussières et de gaz regroupés en une sorte d'immense disque.

Le système solaire est constitué d'une étoile, le Soleil, située en position centrale, autour de laquelle tournent différents objets :

- **8 planètes** accompagnées de leurs satellites,
- **Des astéroïdes** qui sont des corps rocheux dont la taille va du grain de poussière à plusieurs kilomètres,
- **Des comètes**, blocs de glace et de poussières.

Le système solaire s'est formé il y a 4,6 milliards d'années.

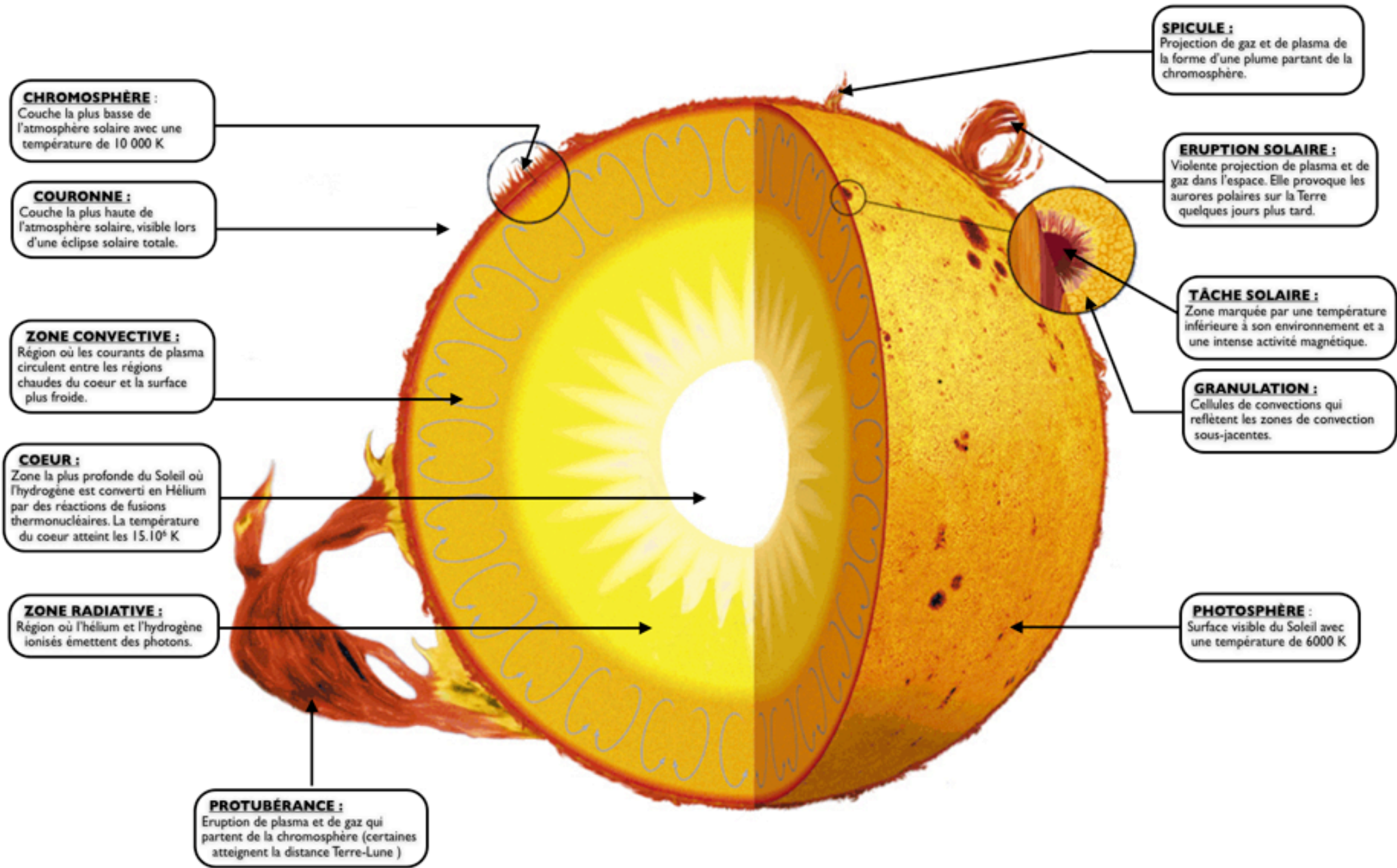
## 1-2- Le soleil, l'étoile du système solaire

Le Soleil est une étoile naine jaune-orange de 700 000 km de rayon et de masse  $1,9 \cdot 10^{30}$  kg (soit  $31,6 \cdot 10^4$  fois la masse de la Terre)

Il est constitué de 92.1 % d'hydrogène et de 7.8 % d'Hélium.

Sa température de surface est de 6000 K (c'est-à-dire environ 6273 °C ; °K=°C +273) tandis que sa température en son centre est  $15 \cdot 10^6$  K.

La température en son cœur provient de réactions de fusion nucléaire : 4 atomes d'hydrogène fusionnent pour donner 1 atome d'hélium ainsi qu'une quantité phénoménale d'énergie.



### 1-3- Les planètes du système solaire (cf. diaporama des objets du système solaire)

En fonction de leurs caractéristiques, on peut distinguer 3 catégories de planètes :

#### A- Les planètes telluriques = Mercure, Vénus, Terre, Mars

Elles sont de tailles modestes et ont une masse volumique élevée. Leur surface est solide, constituée principalement de roches silicatées.

La lune possède les mêmes caractéristiques, c'est un satellite tellurique.

Ce sont les planètes les plus proches du Soleil ; on les appelle aussi planètes internes.

Certaines de ces planètes possèdent des enveloppes externes gazeuses (c'est le cas de Vénus, de la Terre et de Mars) et liquides (c'est le cas de la Terre).

	Distance moyenne au Soleil (en UA)	Diamètre (en Km)	Densité globale	Atmosphère	Autres
<b>Mercure</b>	0,39	4 878	5,4	Non	
<b>Venus</b>	0,72	12 104	5,2	Oui	
<b>La Terre</b>	1	12 756	5,5	Oui	Eau liquide
<b>La Lune</b>		1 750	3,3	Non	
<b>Mars</b>	1,52	6 787	4	Oui	Eau sous forme de glace

#### B- Les planètes gazeuses : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

Elles sont de grandes tailles et ont une faible masse volumique. Elles sont essentiellement composées de gaz comme l'hélium et l'hydrogène.

Elles sont aussi appelées planètes externes, car elles sont plus éloignées du Soleil.

	Distance moyenne au Soleil (en UA)	Diamètre (en Km)	Densité globale	Atmosphère	Autres
<b>Jupiter</b>	5,2	142 984	1,32	Oui	Présence anneaux, 16 satellites.
<b>Saturne</b>	9,5	120 536	0,69	Oui	Présence anneaux, 18 satellites.
<b>Uranus</b>	19,2	51 118	1,3	Oui	Présence anneaux, 15 satellites.
<b>Neptune</b>	30,1	49 528	4,6	Oui	Présence anneaux, 8 satellites.

#### C- Les planètes naines

Une planète naine, depuis la nouvelle définition d'août 2006, est un corps céleste en orbite autour du Soleil :

- qui possède une masse suffisante pour que sa gravité l'emporte et maintienne la planète sous une forme presque sphérique,

- qui n'est pas un satellite, mais qui n'a pas fait place nette dans son voisinage orbital.

Plusieurs corps accèdent au statut de planète naine dont : Pluton, Eris, et Cérès.

D'autres corps devraient encore être découverts et rejoindre cette nomenclature.

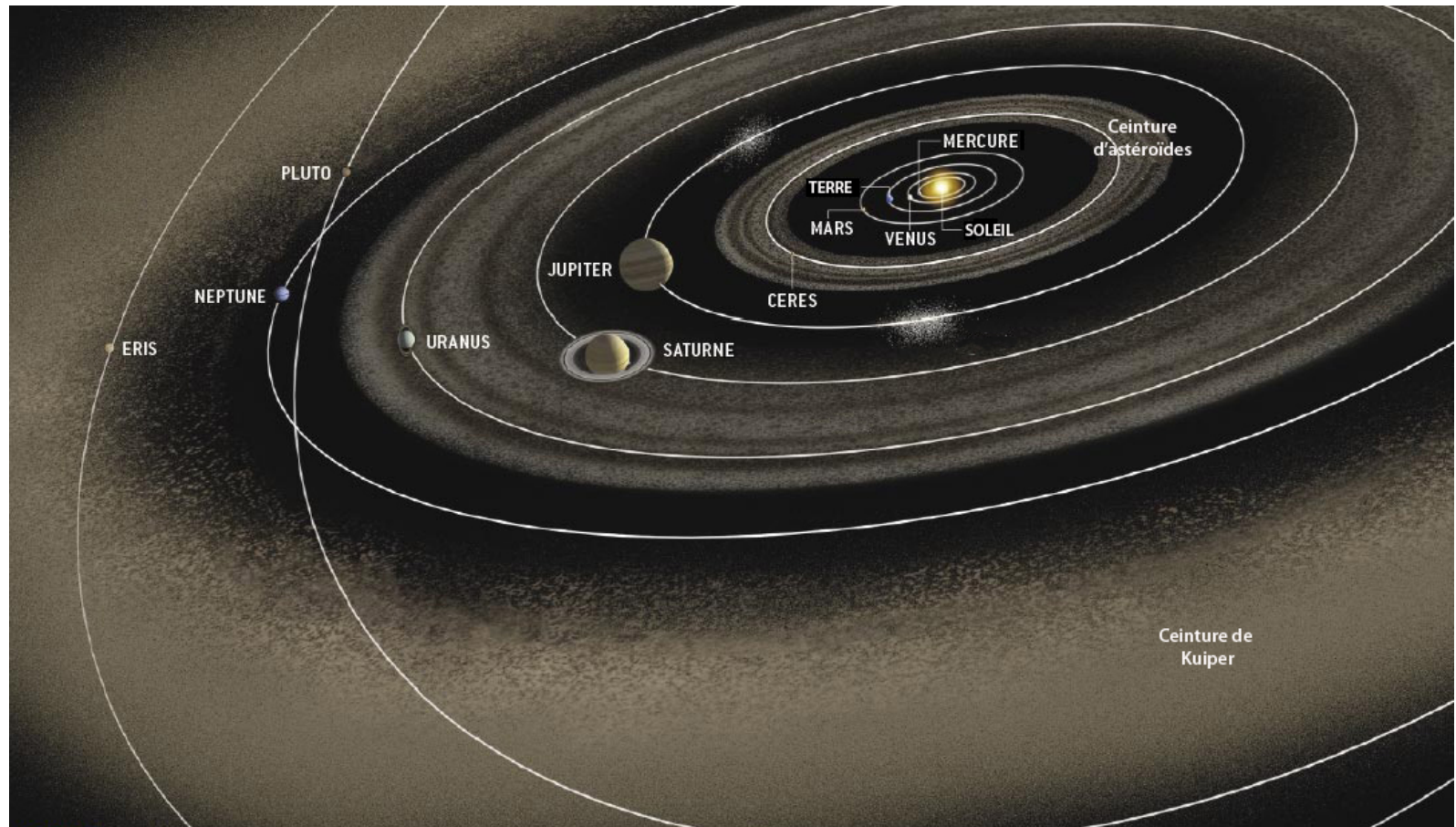
## D- Les astéroïdes et les comètes : des corps particuliers

Les astéroïdes, objets rocheux de diamètres inférieurs à 1000 Km sont regroupés en deux ceintures

- La première entre les orbites de Mars et Jupiter,
- La deuxième dans la ceinture de Kuiper (entre 40 et 500 UA)

Les météorites sont des fragments d'astéroïdes tombant sur Terre ou sur une autre planète.

Les comètes, sont localisées dans le nuage d' Oort (entre  $10^4$  et  $10^5$  UA) et sont formées de glace et de poussières et décrivent des orbites qui recoupent celles des planètes.



Vue d'ensemble du  
Système solaire

## 2- Les particularités de la Terre

La planète Terre est à ce jour la seule planète du système solaire où la vie est présente.

Les conditions physico-chimiques qui y règnent permettent l'existence d'une atmosphère compatible avec la vie et d'eau liquide.

Sa température de surface est en moyenne de +15°C.



La Terre vue par satellite nous montre :

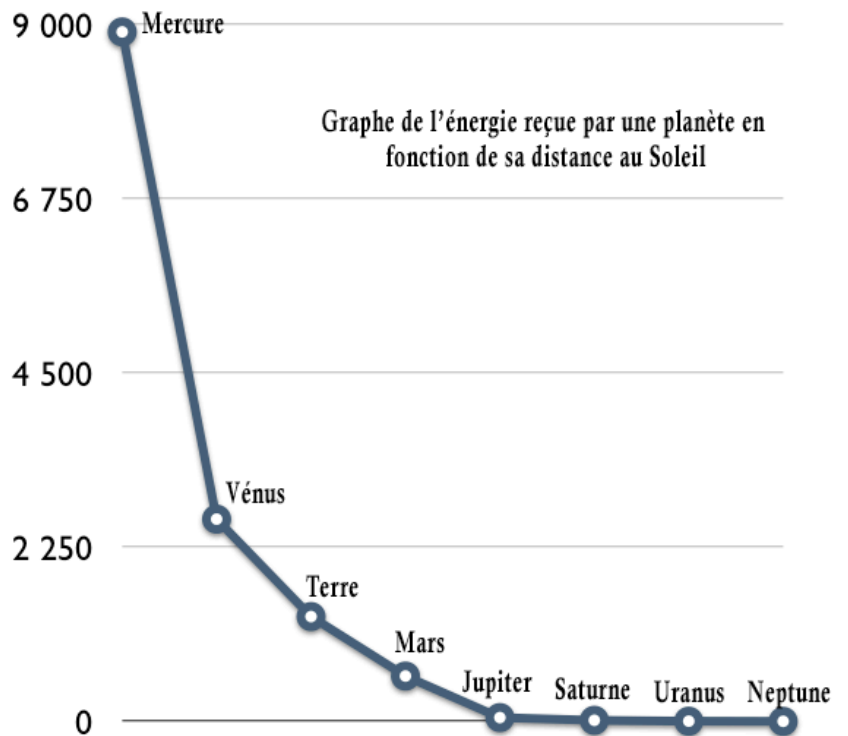
- Des nuages, témoins de l'existence d'une **atmosphère** (enveloppe gazeuse retenue par gravité en surface d'une planète)
- Une couleur bleue, celle des océans, témoins de la présence d'une **hydrosphère** (ensemble des masses aquatiques de la planète)
- Des continents, témoins de la présence d'une **lithosphère** (enveloppe rigide du globe, découpée en plaques mobiles épaisses d'environ 100 Km)

### 3- Énergie reçue et distance de la planète au Soleil

Le soleil émet de l'énergie qui rayonne dans tout le système solaire.

L'énergie reçue par une planète diminue avec l'éloignement de la planète par rapport au Soleil.

PLANÈTES	Distance au Soleil en UA	Puissance reçue en W.m <sup>-2</sup>
Mercur	0,39	8908,6
Vénus	0,72	2613,8
La Terre	1	1355,0
Mars	1,52	586,5
Jupiter	5,2	50,1
Saturne	9,5	15,0
Uranus	19,2	3,7
Neptune	30,1	1,5



La quantité d'énergie reçue est inversement proportionnelle au carré de la distance au Soleil.

$$P_{reçue} = \frac{P_{Soleil}}{(4.\pi.R^2)}$$

Avec :  $P_{soleil}$  en watts =  $3.83.10^{26}$  Watts

R en mètres = distance Soleil - Planète

P est alors en watts par mètre carré.

L'énergie solaire reçue par une planète conditionne en partie la température de surface de la planète.

Planète ou satellite	Mercur	Vénus	Terre	Lune	Mars
Température théorique (°C)	+ 140	+ 30	- 18	- 18	- 60
Température réelle (°C)	+ 140	+ 460	+ 15	- 18	- 48

La différence entre température réelle et température théorique (dû simplement à la distance de la planète au Soleil) s'explique notamment par la présence d'une atmosphère possédant une composition particulière en gaz.

## 4- La présence d'une atmosphère

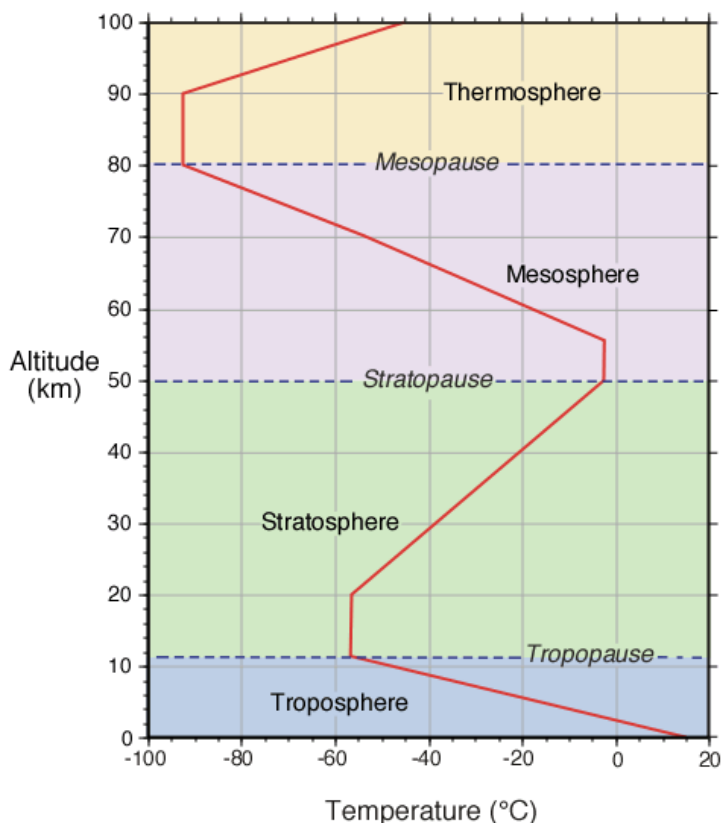
### 4-1- La composition de l'atmosphère terrestre

Planètes et satellite de la Terre		Mercure	Vénus	Terre	Lune	Mars
Distance moyenne au soleil (en $10^6$ Km)		57	108	150	150	228
Diamètre (en Km)		4878	12 104	12 756	3476	6794
Durée de révolution autour du Soleil		88 jours	224,7 jours	365,26 jours	Tour de la Terre en 27,32 jours	687 jours = 2 ans
Composition chimique		Silicates, Fer, Nickel	Silicates, Fer, Nickel	Silicates, Fer, Nickel	Silicates, Fer, Nickel	Silicates, Fer, Soufre
Atmosphère	présence	non	Oui Epaisse (350 km d'épaisseur)	Oui Epaisse (500 km d'épaisseur)	non	Oui Très mince (120 km d'épaisseur)
	Pression Atmosphérique		$95 \cdot 10^5$ Pa	$10^5$ Pa		$6 \cdot 10^2$ Pa
	Composition (en %)		CO <sub>2</sub> : 96,5 N <sub>2</sub> : 3,5 H <sub>2</sub> O : $10^{-4}$ Nuage d'acide sulfurique	N <sub>2</sub> : 78 O <sub>2</sub> : 21 CO <sub>2</sub> : 0,03 H <sub>2</sub> O : $10^{-4}$		CO <sub>2</sub> : 95 N <sub>2</sub> : 5 H <sub>2</sub> O : 0,03

L'atmosphère terrestre est un mélange gazeux, ses constituants majeurs sont le diazote N<sub>2</sub> (78 %) et le dioxygène O<sub>2</sub> (21 %).

### 4-2- Structure verticale de l'atmosphère

L'atmosphère est organisée en couches superposées (strates).



**La troposphère**, d'environ 13 Km d'épaisseur, dans laquelle la température diminue avec l'altitude, elle est l'origine des nuages et est le siège des mouvements atmosphériques.

**La stratosphère**, épaisse d'environ 37 Km, dans laquelle la température augmente avec l'altitude. C'est là que l'on trouve entre 20 et 35 Km la couche d'ozone (O<sub>3</sub>), cette couche absorbe plus les rayons ultraviolets du Soleil que les autres couches et participe ainsi activement au maintien de la vie sur Terre.

**La mésosphère**, qui absorbe peu le rayonnement solaire, dans laquelle la température chute avec l'altitude

**La thermosphère**, très sensible aux rayons solaires, dans laquelle la température augmente avec l'altitude.

**L'ionosphère** dans laquelle les molécules sont décomposées par les rayons solaires. C'est dans cette couche que se déroulent les aurores boréales et australes.



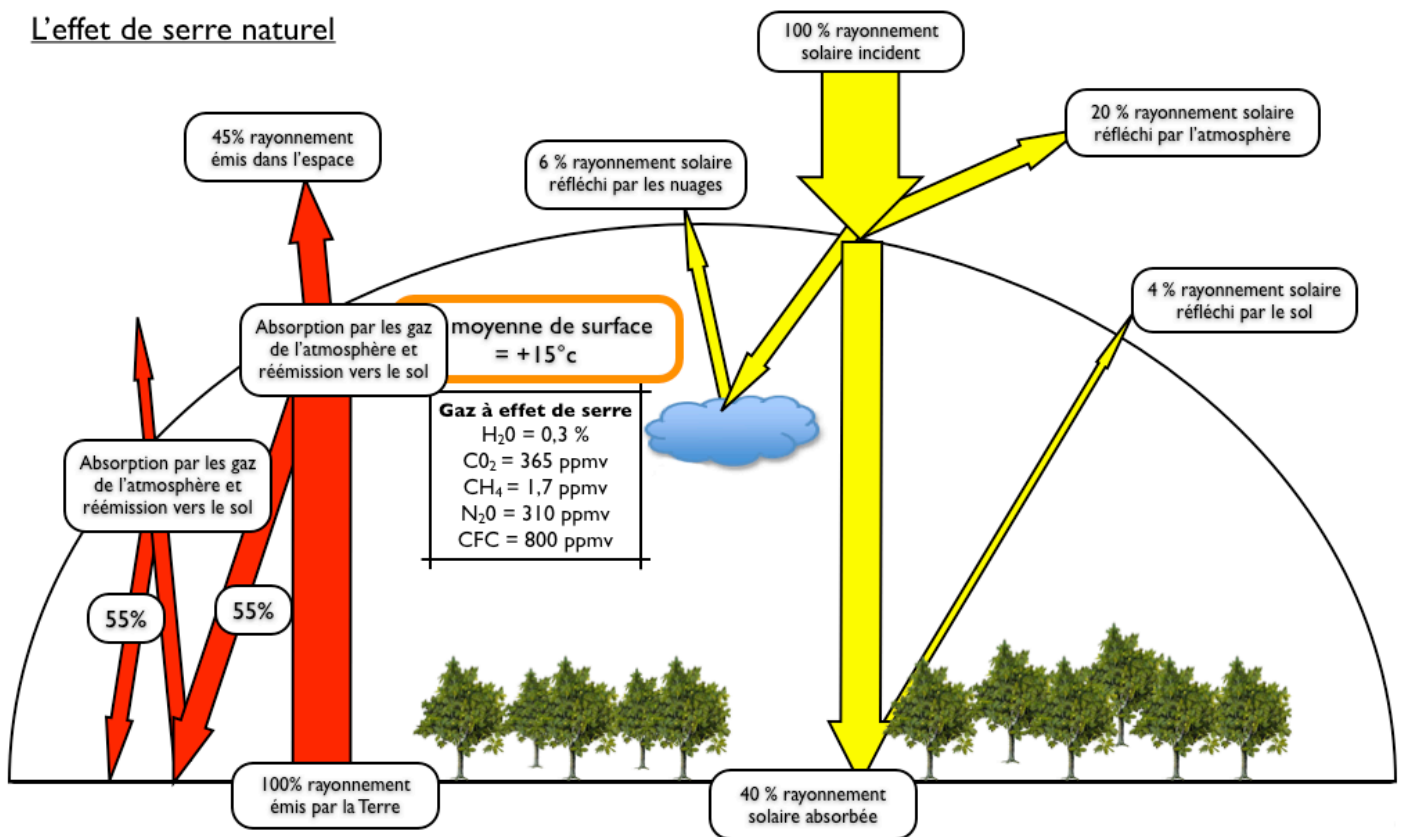
### 4-3- La composition de l'atmosphère, l'effet de serre et température de surface :

L'effet de serre est dû à la présence de certains gaz possédant au minimum trois atomes (triatomique) : dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), méthane ( $\text{CH}_4$ ).

**Principe :** Environ 50 % de l'énergie solaire reçue est absorbée par la surface de la Terre. La majeure partie de cette énergie absorbée est renvoyée par la surface terrestre sous la forme de rayonnement infrarouge (rayonnement thermique). Celui-ci est principalement absorbé par les gaz atmosphériques,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ , et est renvoyé sur la surface terrestre, ce qui contribue à son réchauffement. L'atmosphère se comporte comme les parois vitrées d'une serre.

Les surfaces de Vénus et de la Terre reçoivent donc de l'énergie à la fois du Soleil et de l'atmosphère, à la différence de la Lune et des planètes sans atmosphère. Ainsi la Terre et la Lune, bien qu'elles soient situées à la même distance du Soleil, n'ont pas la même température de surface.

Sur Mars l'effet de serre est peu important en raison de la très faible épaisseur de l'atmosphère.



C'est donc la présence de ces gaz particuliers dans l'atmosphère terrestre qui participe à la température de surface de + 15°C en moyenne que nous connaissons, la température ne serait que de - 18°C en absence d'atmosphère et d'effet de serre.

Bien que l'effet de serre soit un mécanisme naturel, l'homme en perturbant le cycle du carbone, participe à son amplification.

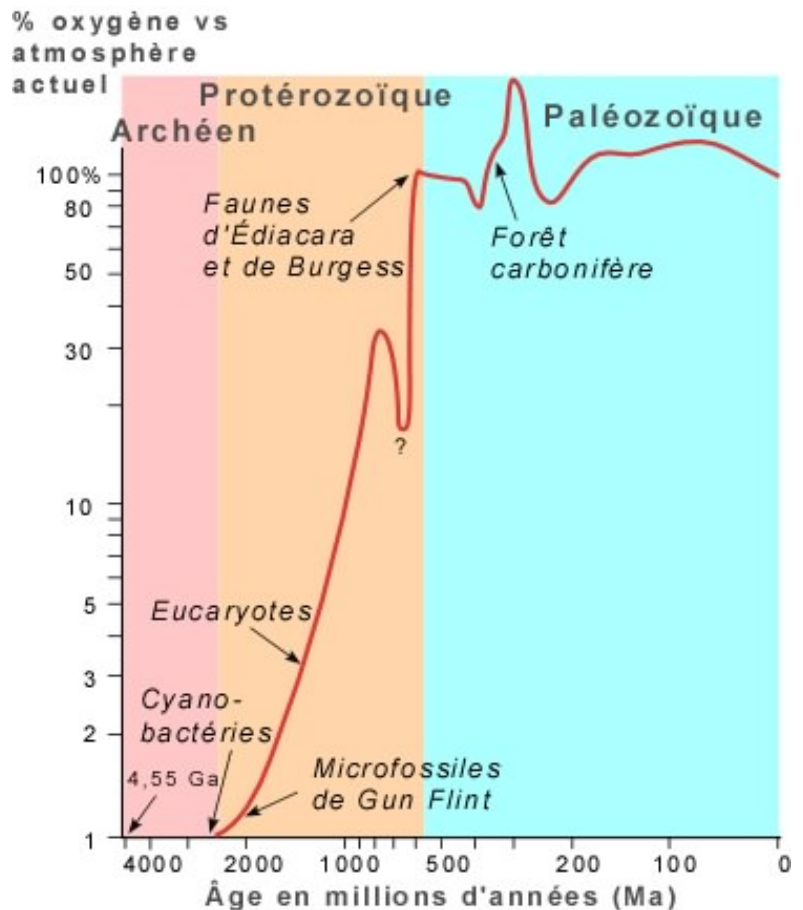
## 4-4- Origine de l'oxygène libre dans l'atmosphère

Les premières traces d'oxydation (présence de dioxygène libre) sont apparues il y a environ -2,6 Ga, ce qui implique une augmentation sensible du niveau d'oxygène libre atmosphérique à ce moment. On évalue que le niveau atteignait environ 0,15% du niveau actuel vers 2,2 Ga.

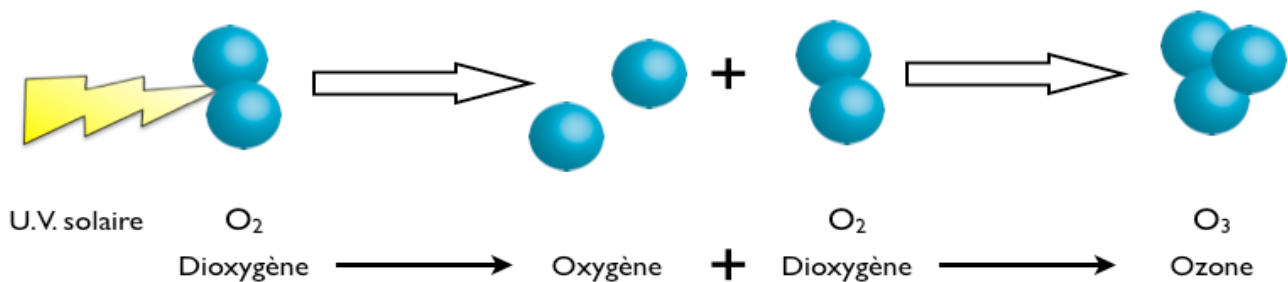
La présence des premiers oxydes de fer dans les roches indique les premières traces de dioxygène atmosphérique autour de 2,5 Ga.

L'origine de cette production de dioxygène a lieu à partir du CO<sub>2</sub> et provient d'algues marines Photosynthétiques apparues il ya 2,8 Ga : **les cyanobactéries.**

Ces algues effectuent la photosynthèse (c'est-à-dire qu'elles produisent de l'O<sub>2</sub> à partir de CO<sub>2</sub>) et résistent aux rayons U.V.



L'ozone est apparu ensuite après enrichissement de l'atmosphère en dioxygène. Il joue un rôle protecteur contre les rayons U.V. et permet ainsi l'explosion de la vie.



## 5- La présence d'eau liquide

L'atmosphère terrestre est donc un cocktail gazeux. Les gaz comme tous les corps physiques ont une masse.

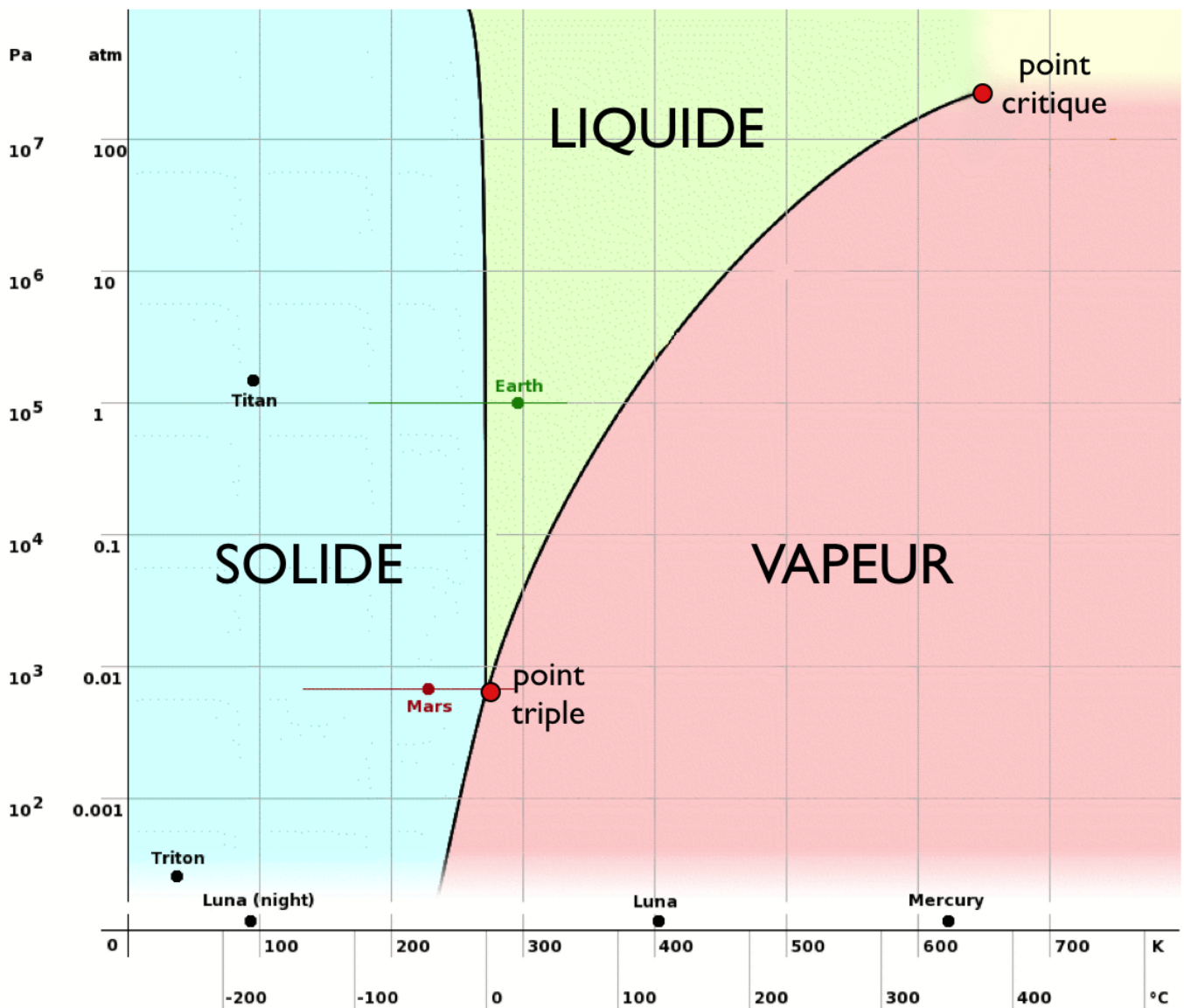
Sur Terre, toute la surface de la planète est sous l'influence de la gravité. Son action se manifeste par une force qui concerne tout objet physique doté d'une masse : le poids.

L'air a donc un poids. Quand nous sommes au sol, nous supportons le poids de la colonne d'air qui se trouve au dessus de notre tête. La pression atmosphérique est ainsi le poids de l'air par unité de surface. Au niveau de la mer, la pression atmosphérique est  $10^5$  Pascals (Pa)

Le diagramme de phase de l'eau permet de constater que pour une pression atmosphérique de  $10^5$  Pa et une température de  $+15^\circ\text{C}$ , c'est-à-dire les conditions physiques de l'atmosphère terrestre, l'eau est sous sa forme liquide.

La Terre est la seule des planètes du système solaire à posséder de l'eau sous forme liquide.

**Cette caractéristique est donc due à la présence d'une atmosphère suffisamment dense, renferme des gaz permettant de maintenir une température moyenne constante, mais est également due à la taille de la planète permettant de retenir par gravité l'ensemble de ces gaz.**



## 6- Au pays de Boucles d'or, la zone d'habitable autour d'une étoile.

*Boucles d'or s'approcha de la soupe de père Ours, la goûta : "Cette soupe est trop chaude ! " s'exclama Boucles d'Or.*

*Puis elle goûta la soupe de mère Ours : " Cette soupe est trop froide ! " protesta-t-elle.*

*Elle trempa alors sa cuillère dans l'assiette de bébé Ours et la porta à sa bouche  
" Hummm... cette soupe n'est ni trop chaude, ni trop froide, elle est juste comme il faut ! "  
dit-elle joyeusement, avant de l'avaler d'une seule traite.*

( " Boucles d'Or et les trois ours " , conte pour enfants)

Comme Boucles d'or, les particularités de la Terre (eau liquide et atmosphère compatible avec la vie) sont liées à la taille de la planète et à sa juste position dans le système solaire.

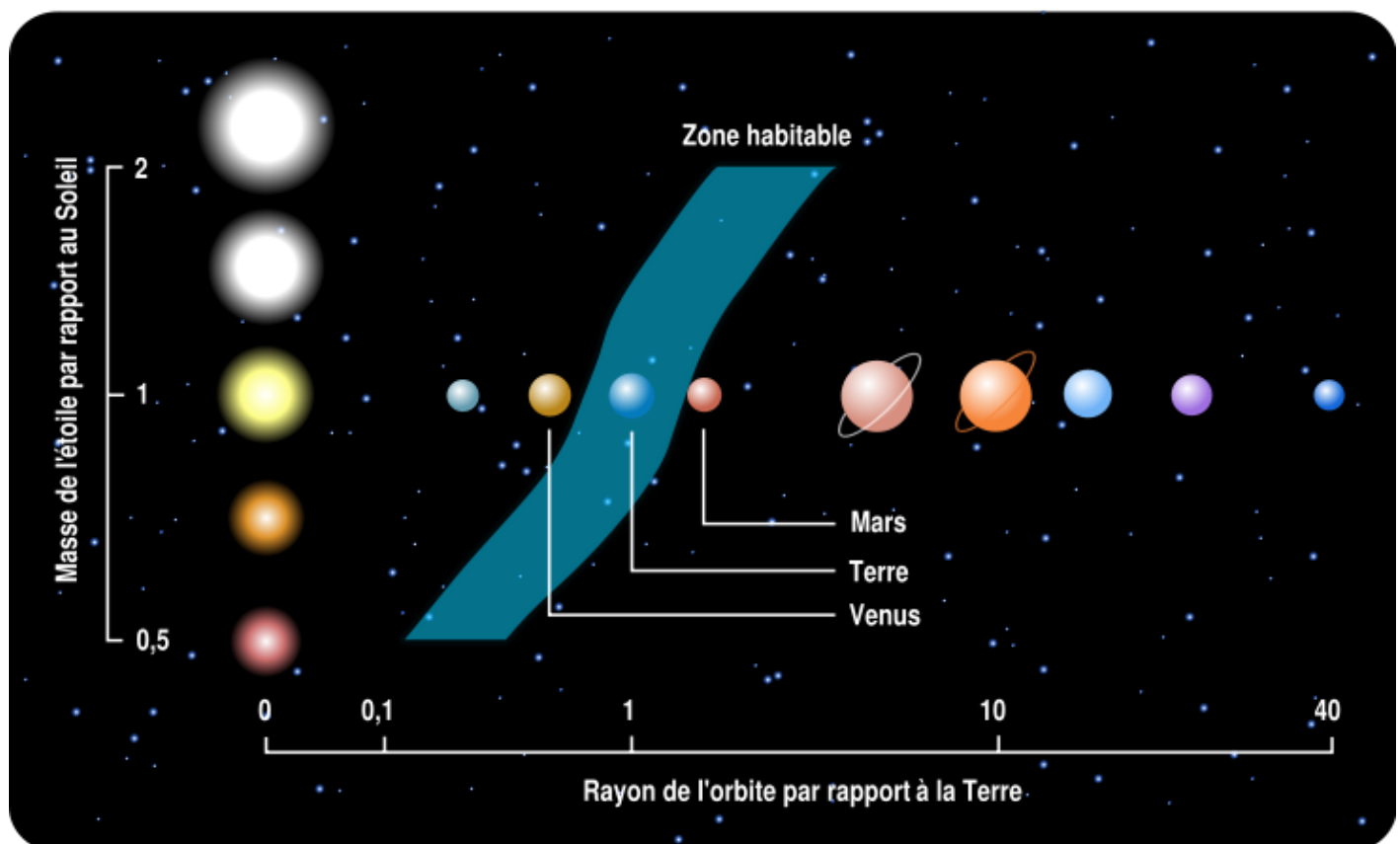
La zone habitable autour des étoiles est une zone théorique où l'eau peut rester liquide à la surface d'une planète et où les conditions physiques (température en particulier) sont compatibles avec l'existence de la vie, du moins sous la forme que nous lui connaissons.

En fonction du type de l'étoile et donc de sa luminosité, la distance de cette zone varie.

Les étoiles deviennent plus lumineuses avec l'âge repoussant la zone toujours plus loin. Si une planète évolue trop près de son étoile, la chaleur entraînera l'évaporation de l'ensemble des réservoirs d'eau liquide au contraire des planètes les plus éloignées recouvertes d'océans et autres retenues d'eau complètement gelée.

Dans le Système Solaire, on estime que cette zone autour du Soleil s'étend de 0,95 à 1,50 unité astronomique (UA, la distance moyenne de la Terre au Soleil, soit 150 millions de km environ).

Seule la Terre (1UA) évolue dans cette région (Vénus : 0,72 UA et Mars : 1,52).



Ces conditions peuvent exister sur d'autres planètes qui posséderaient des caractéristiques voisines sans pour autant que la présence de vie y soit certaine.

Il convient cependant de nuancer cette définition de la zone habitable autour d'une étoile.

En effet les recherches menées sur la vie dans les milieux extrêmes terrestres nous montrent que celle-ci existe dans des environnements les plus hostiles. Voici quelques records de la résistance de la vie :

- **Plus chaud** : 121°C, *Strain121* (fumeurs du Pacifique)
- **Plus froid** : -15°C, *Cryptoendoliths* (Antarctique)
- **Radiation** : 5MRad, *Deinococcusradiodurans*
- **Gravité** : 1million de g, *Escherichiacoli* (dans une centrifugeuse)
- **Profondeur** : 3.2km sous la terre, 12km sous la mer. *BacillusInfernus*
- **Acide** : pH0.0 (la plupart des organismes vivent dans un milieu 100000x moins acide), *Thiobacillus*
- **Basique** : pH12.8 (la plupart des organismes vivent dans un milieu 1000x moins basique)
- **Espace** : 6ans de survie dans le vide pour *Bacillus subtilis* retrouvé sur un satellite de la NASA
- **Pression** : 1200x la pression atmosphérique ou 12km d'eau !
- **Salinité** : 300g /L en mer Morte, *Haloarcula*

Au-delà de la Terre, Mars et Europe ne sont plus les seules à être considérées comme potentiellement habitables pour des formes de vie (éteintes ou présentes).

Des satellites, tels que Ganymède, Callisto, et Titan apparaissent comme de nouveaux candidats.

Désormais, l'habitabilité peut être considérée à l'échelle d'une planète, mais aussi à l'échelle de niches parfois microscopiques, à la surface ou à l'intérieur d'une planète.

La vie n'a pas nécessairement besoin de l'énergie du Soleil et peut survivre des kilomètres sous la surface.

Des environnements analogues existent sur d'autres planètes et l'exploration planétaire de ces 20 dernières années nous fournit une vision complètement nouvelle sur le potentiel de la vie dans notre proche voisinage planétaire.

L'étude des milieux extrêmes terrestres nous interroge sur les limites (ou l'absence de limites) de la vie.

#### **Conclusion :**

**La Terre est une planète rocheuse du système solaire. Les conditions physico-chimiques qui y règnent permettent l'existence d'eau liquide et d'une atmosphère compatible avec la vie.**

**Ces particularités sont liées à la taille de la Terre et à sa position dans le système solaire.**

**Ces conditions peuvent exister sur d'autres planètes qui posséderaient des caractéristiques voisines sans pour autant que la présence de vie y soit certaine.**

## Thème I : Les conditions de la vie

