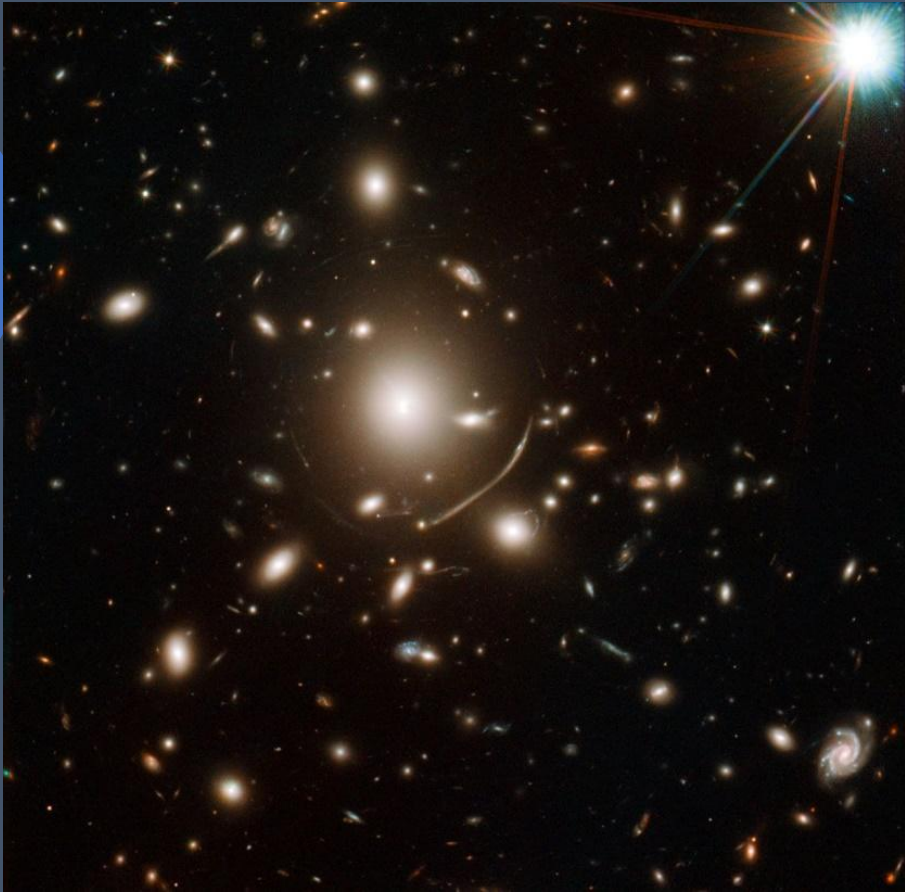


Chapitre 1

L'atmosphère terrestre
et l'apparition de la vie



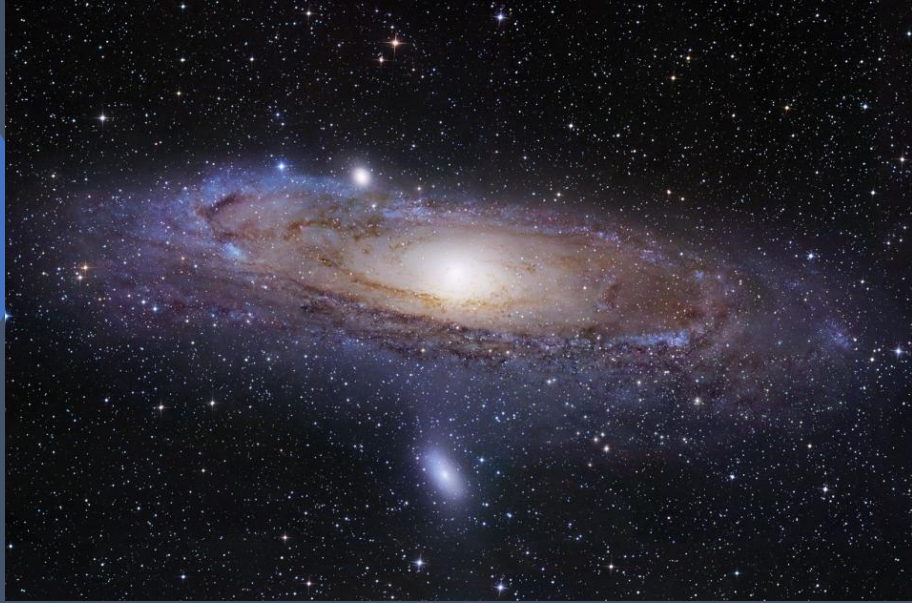


Amas de galaxie **Abell 383**.
Source : Nasa



Groupe de galaxie
Hickson 87
Source : HST

Où sommes-nous dans l'univers ?



La galaxie d'Andromède : structure en spirale, environ 400 milliards d'étoiles.

Située à 2.2 millions d'années-lumière, elle présente un diamètre de 220 000 années-lumière, 60 fois plus grande que notre galaxie



La galaxie M106 : structure en spirale, contient un trou noir en son centre.

Environ 23.5 millions d'années lumière de la Terre.

Source : <http://hubblesite.org/gallery/album/galaxy/>

Ou sommes-nous dans l'univers ?



Notre galaxie : **la voie lactée**

Caractéristiques :

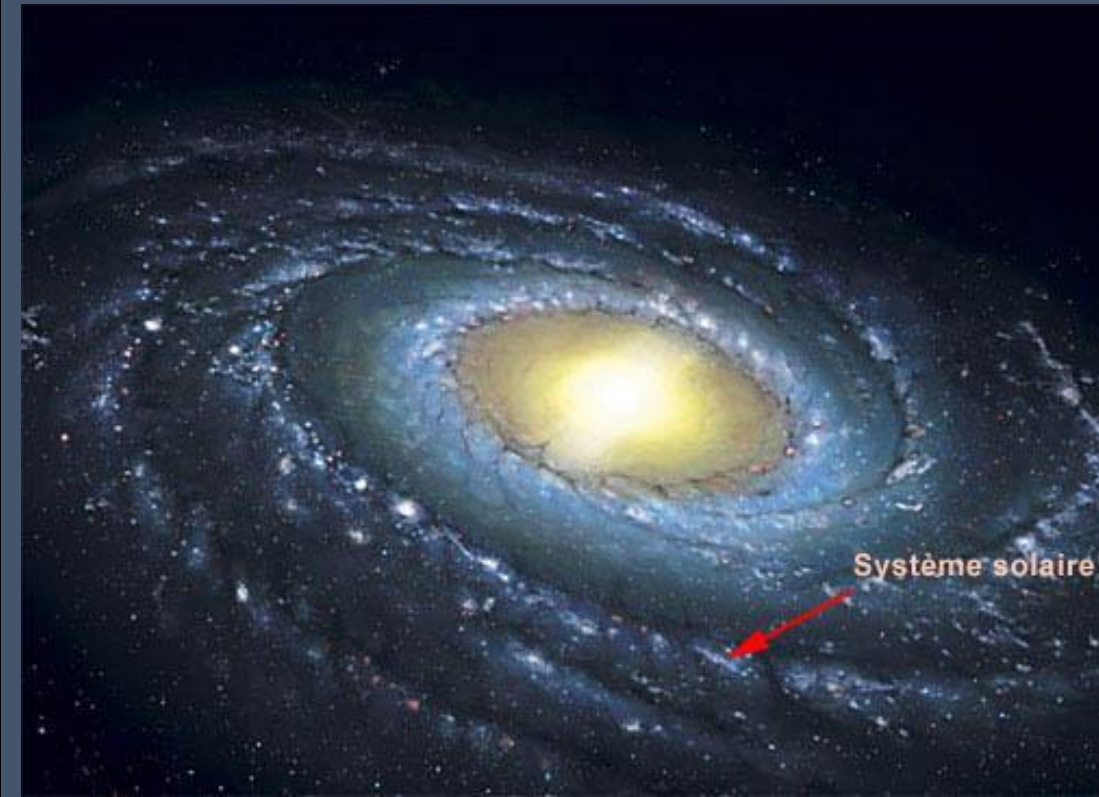
- Galaxie en spirale
- Diamètre : 100 000 années-lumière.
- Entre 200 et 400 milliards d'étoiles dont le soleil.

Le système solaire est assez excentré du centre de la galaxie

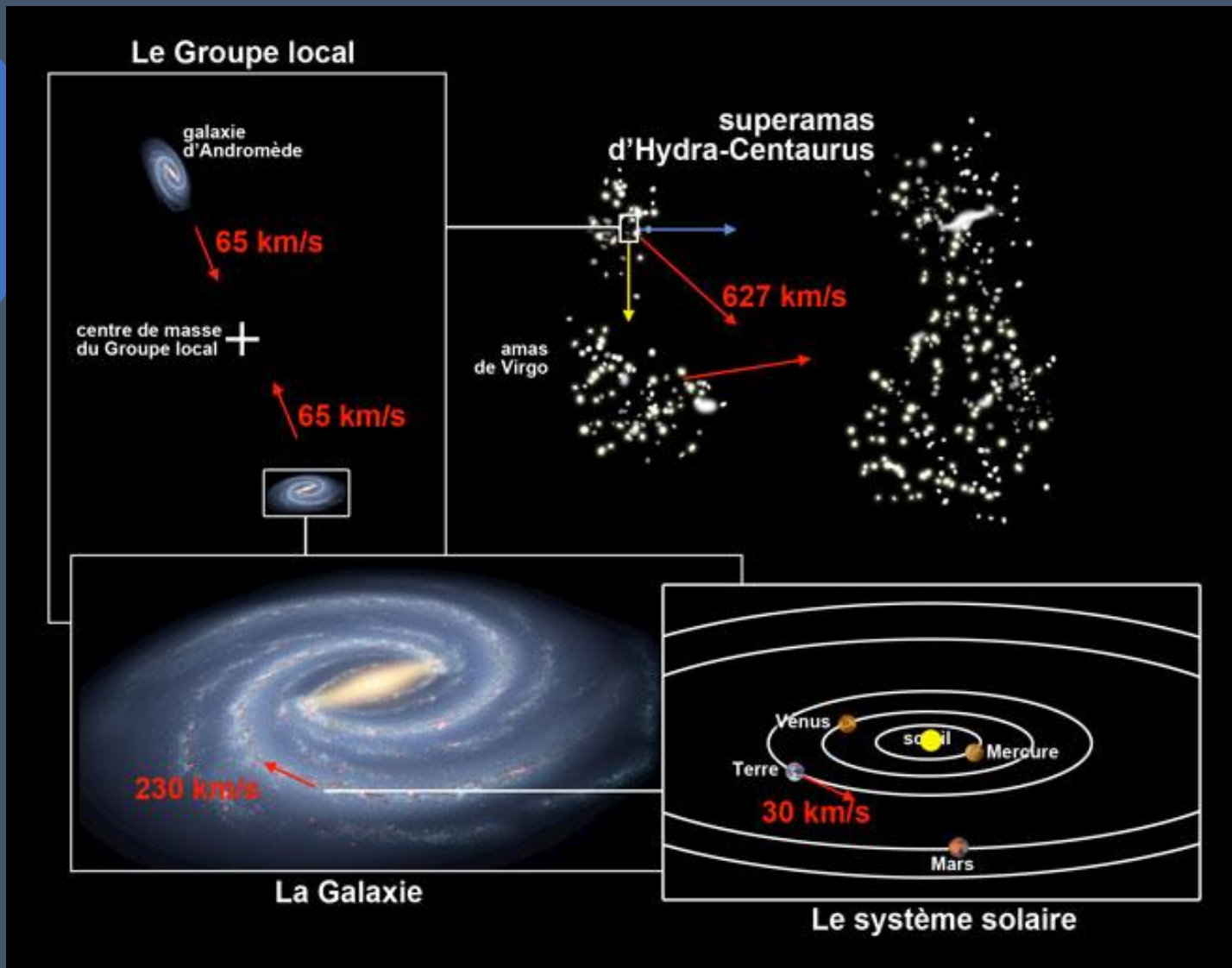
En haut vue de la Terre (observatoire du Cerro Paranal au Chili)

Source : Wikipédia

Où sommes-nous dans l'univers ?



Où sommes-nous dans l'univers ?



Au-delà de la rotation de la Terre sur elle-même, la Terre subit de nombreux mouvements ! Elle tourne autour du Soleil à une vitesse de 30 km/s, soit plus de 100 000 km/h. Le système solaire est entraîné autour du centre de la Galaxie à une vitesse de 230 km/s.

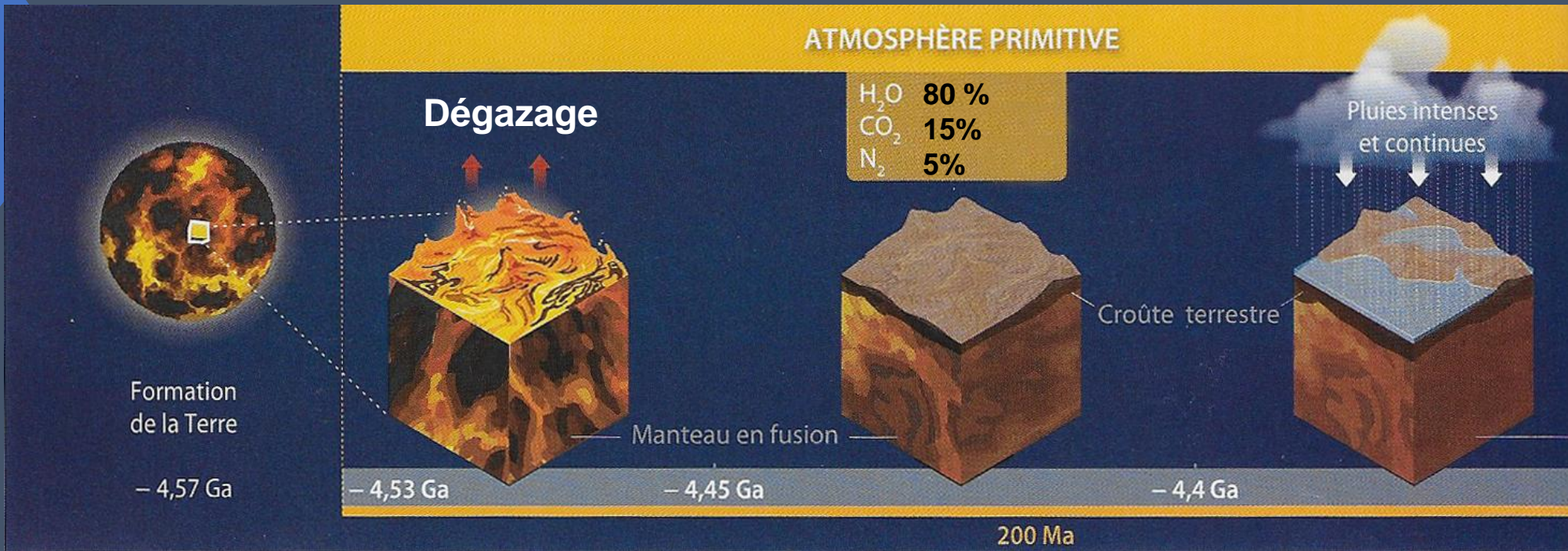
Notre Galaxie et la grande galaxie d'Andromède tombent vers le centre du Groupe Local, chacune avec à une vitesse de 65 km/s. Ce n'est pas tout ! Les astronomes ont mesuré la vitesse des galaxies du Groupe Local par rapport à un très grand nombre de galaxies distribuées sur toute la voûte céleste. Ils en ont déduit un mouvement considérable des galaxies du Groupe Local, en direction des super-amas de Centaurus et de Shapley, avec une vitesse de 627 km/s soit plus de 2 millions de km/h.

Ou sommes-nous dans l'univers ?



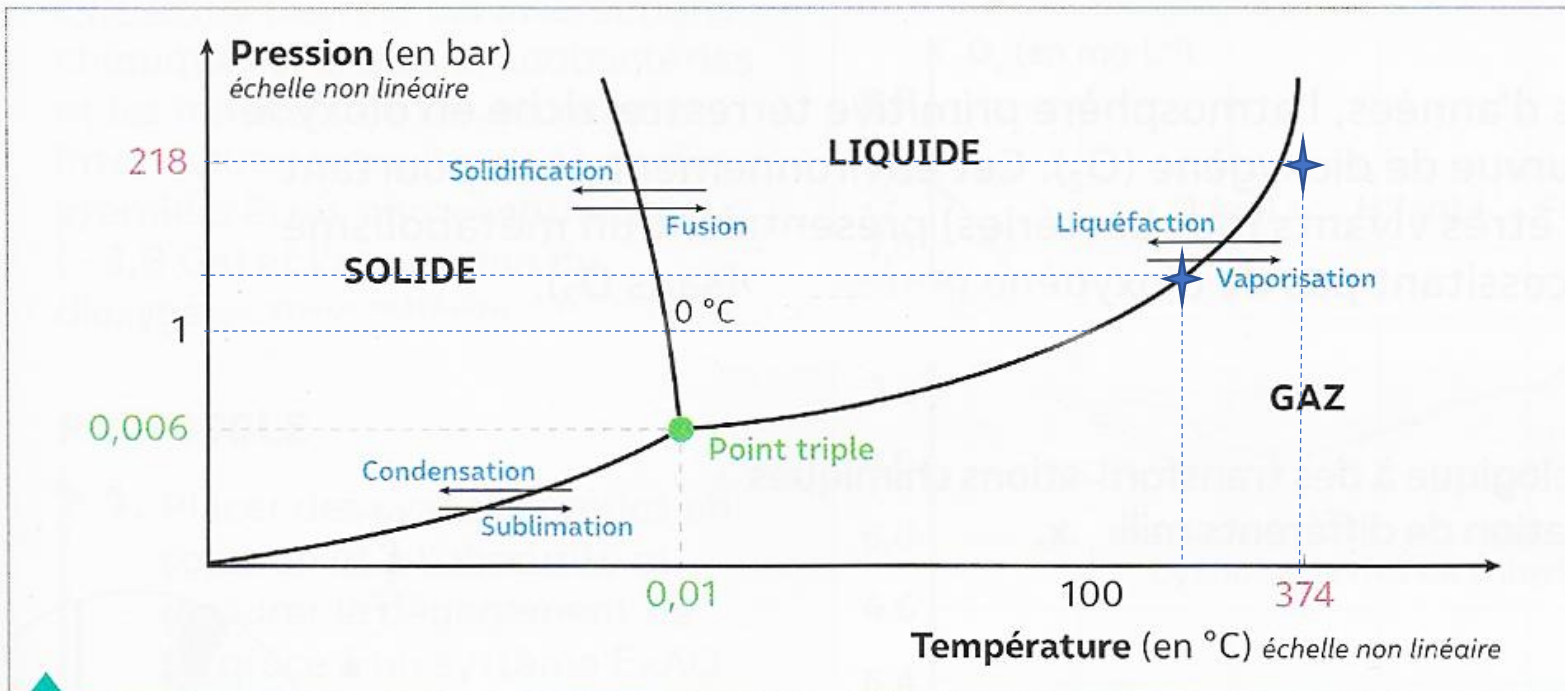
L'image de la Terre ci-dessus a été réalisée par la sonde Voyager 1 à **6,4 milliards de kilomètres** de la Terre en 1990.

Correction activité 1



Origine de l'atmosphère primitive

L'atmosphère primitive s'est formée par **dégazage** du manteau terrestre lors d'éruptions volcaniques importantes dans les 150 premiers millions d'années de l'histoire de la Terre et par des **apports météoritiques** qui en tombant sur la Terre ont amené une grande quantité d'eau



Âge terrestre (Ga)	Température de surface (°C)	Pression atmosphérique (bar)	État de l'eau
- 4,6	> 1500	260	Gaz
- 4,4	374	218	Gaz
- 4,1	250	< 10	Gaz/liquide
- 3,3	100	4	Liquide
0 (actuel)	15	1	Liquide

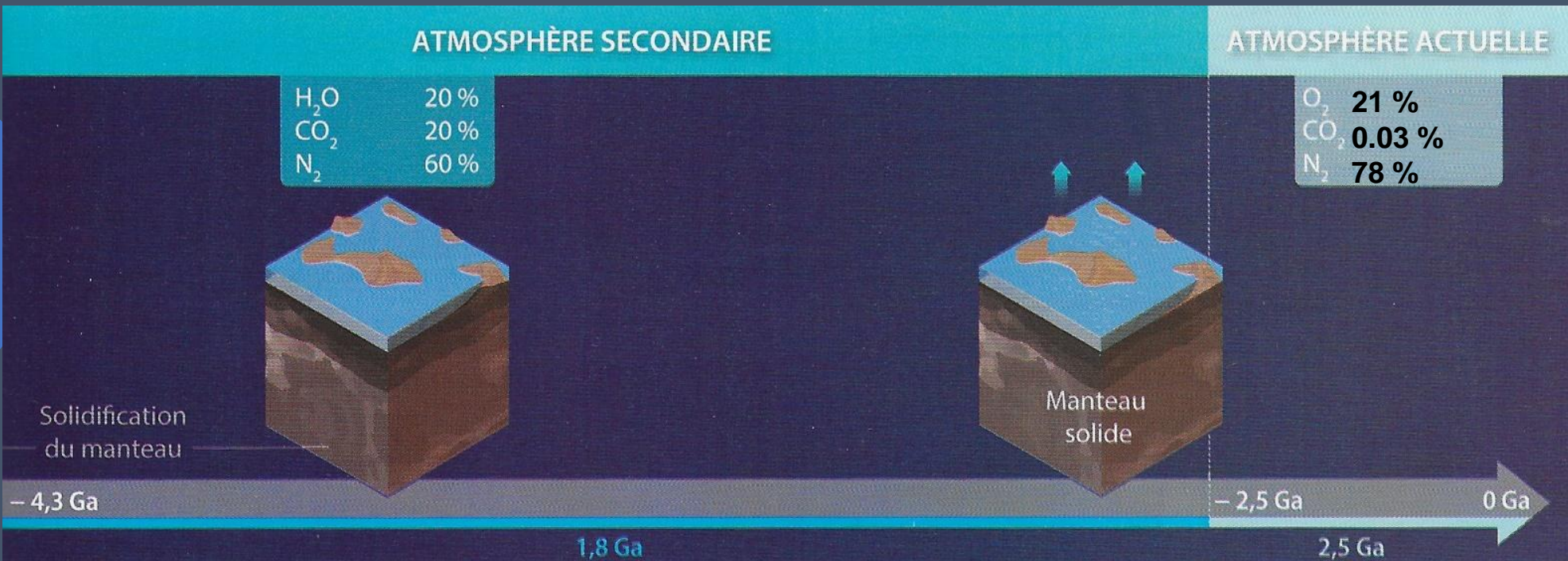
Diagramme d'états de l'eau

Les courbes délimitent trois domaines de pression et de température. Au point triple, les trois états de l'eau coexistent.

Évolution de la pression et de la température moyenne sur Terre depuis l'Hadéen

Origine de l'océan

Après sa formation, la Terre se refroidit : les conditions de pression et de température à sa surface ont permis la liquéfaction de la vapeur d'eau de l'atmosphère primitive. L'accumulation de cette eau est à l'origine des océans.



Problème : comment est apparu le dioxygène présent dans l'atmosphère actuelle mais absent de l'atmosphère primitive ?

Les stromatolithes sont des formations rocheuses marines issues de l'activité photosynthétique des cyanobactéries. Ces dernières ont libéré de l'O₂ dans l'océan qui est resté dans celui-ci et a permis l'oxydation du fer. Une fois tous le fer oxydé, le dioxygène a pu être libéré dans l'atmosphère.

Equation de la photosynthèse en présence de lumière :



Quelques dates repères

- 4,57 Ga : formation de la Terre
- 4,4 Ga : formation de l'hydrosphère
- 3,8 Ga : Premières traces de vie
- 3,5 Ga : Apparition de la photosynthèse
- 2,2 Ga : Apparition du dioxygène dans l'atmosphère

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 1 : L'existence d'une atmosphère

	Mercure	Terre	Mars	Jupiter
Présence d'une atmosphère et caractéristique	non	oui épaisse	oui peu épaisse	oui épaisse
Principaux gaz de l'atmosphère		78% N ₂ 21%O ₂	95,3% CO ₂ 3%N ₂	78% H ₂ 20%He
Masse de la planète (kg)	3.30 .10 ²³	5.97 .10 ²⁴	6.42 .10 ²³	1.90 .10 ²⁷
Température moyenne au sol (en °C)	69.85	14.85	-35.15	-145.15
Rayon de la planète (en m)	2439.10 ³	6378.10 ³	3397.10 ³	71998.10 ³
Vitesse de libération (km.s⁻¹)	4.3	11.2	5.0	59.5

“ La Terre est un gros objet qui retient par gravité les atomes qui la composent. Pour qu'un atome ou un objet quitte la Terre vers l'espace, il faut qu'il atteigne une vitesse d'évasion élevée. C'est cette vitesse que l'Homme donne à ses fusées lorsqu'il les envoie sur la Lune ou Jupiter. ”

D'après Claude Allègre, *Introduction à une histoire naturelle*, Ed. Fayard

“ Il ne suffit pas que le gaz soit initialement présent pour qu'une planète ou un satellite possède une atmosphère. Un corps céleste ne peut retenir une atmosphère que si les molécules qui la composent se déplacent moins vite que leur vitesse d'évasion. Pour cela, il faut que le corps soit suffisamment lourd et suffisamment froid. Plus un corps est proche du Soleil, plus il est chauffé, plus les molécules de son atmosphère sont agitées. Plus la masse d'une planète est grande, plus la vitesse d'évasion est élevée. ”

D'après Jean-Yves Daniel, *Sciences de la Terre et de l'Univers*. Ed. Vuibert

A retenir de ces documents :

- La **vitesse d'évasion** est la vitesse que doit atteindre un objet pour quitter la Terre (et donc échapper à la gravité).
- un corps céleste ne peut retenir une atmosphère que si les molécules qui la composent **se déplacent moins vite** que leur vitesse d'évasion.

La vitesse de libération des gaz est la plus faible sur Mercure; cela permet d'expliquer l'absence d'une atmosphère sur celle-ci. La vitesse de libération est un peu plus élevée sur Mars ; les gaz ont été davantage retenus ce qui a permis le maintien de ces derniers. Cependant, la vitesse de libération sur la Terre est beaucoup plus élevée ; l'atmosphère est ainsi plus épaisse que sur Mars.

Une vitesse 5 fois plus élevée est nécessaire sur Jupiter pour que les molécules de gaz puissent s'échapper. C'est une planète gazeuse.

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 1 : L'existence d'une atmosphère

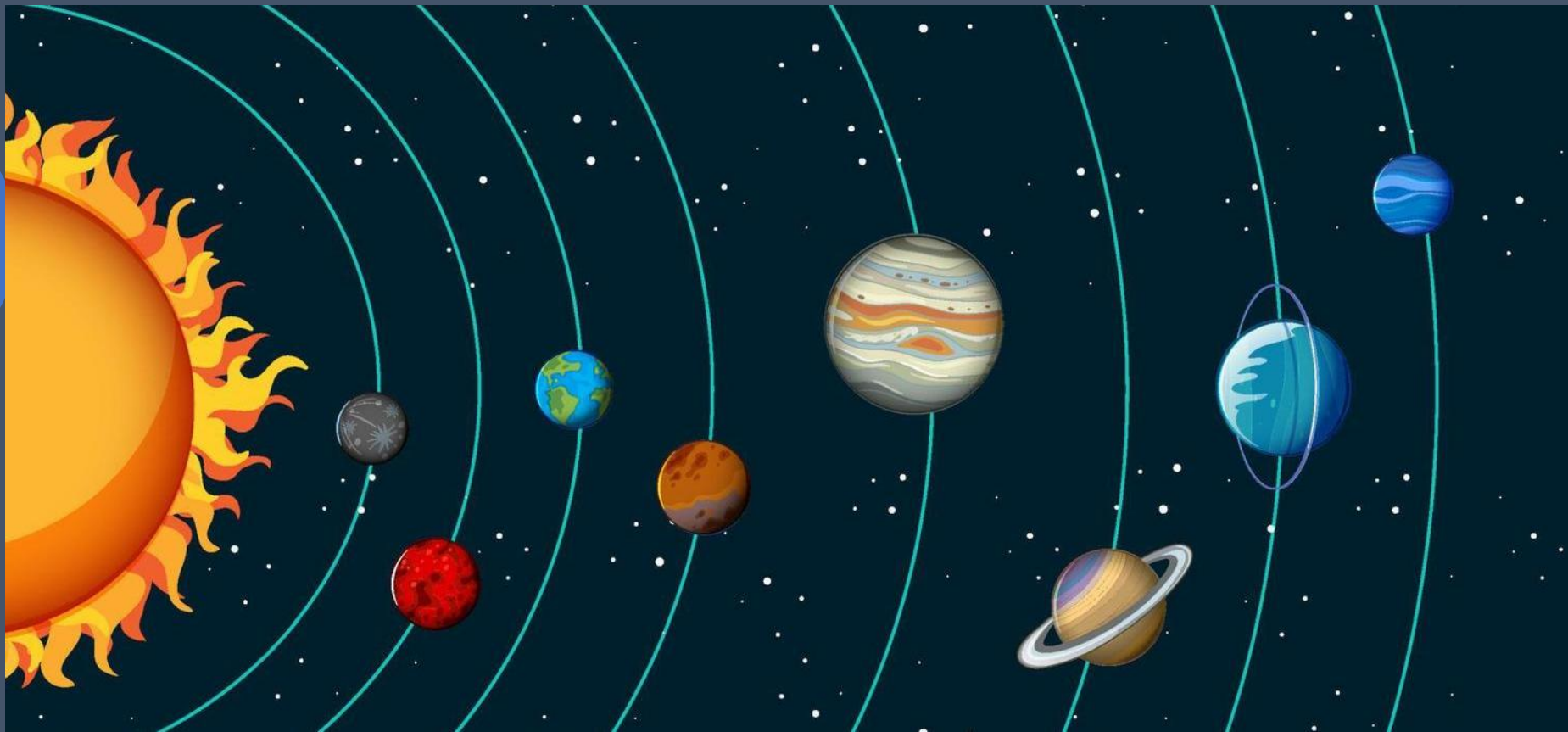
	Mercure	Terre	Mars	Jupiter
Présence d'une atmosphère et caractéristique	non	oui épaisse	oui peu épaisse	oui épaisse
Principaux gaz de l'atmosphère		78% N ₂ 21%O ₂	95,3% CO ₂ 3%N ₂	78% H ₂ 20%He
Masse de la planète (kg)	3.30 .10 ²³	5.97 .10 ²⁴	6.42 .10 ²³	1.90 .10 ²⁷
Température moyenne au sol (en °C)	69.85	14.85	-35.15	-145.15
Rayon de la planète (en m)	2439.10 ³	6378.10 ³	3397.10 ³	71998.10 ³
Vitesse de libération (km.s⁻¹)	4.3	11.2	5.0	59.5

		Terre	Mars	Jupiter
Résultat du calcul des vitesses de libération des molécules (km.s ⁻¹)	N ₂	5.3	4.4	3.5
	CO ₂	4.2	3.5	2.8
	He	14.1	11.7	9.2
	H ₂	19.9	16.6	13.0

Rappel : un corps céleste ne peut retenir une atmosphère si les molécules qui la composent se déplacent moins vite que leur vitesse d'évasion.

Le gaz majoritaire sur la Terre est le diazote ; on constate que la vitesse de libération de ce dernier sur cette planète est faible ce qui est cohérent avec sa présence dans l'atmosphère terrestre.

L'atmosphère martienne contient majoritairement du CO₂ et le tableau 2 nous informe sur la faible vitesse de libération de ce dernier. Par contre, l'absence de He et de H₂ est expliquée par les vitesses de libération élevées de ces molécules. Les molécules présentes dans l'atmosphère de Jupiter sont H₂ et He ; c'est sur cette planète que les vitesses de libération de ces molécules sont les moins élevées.



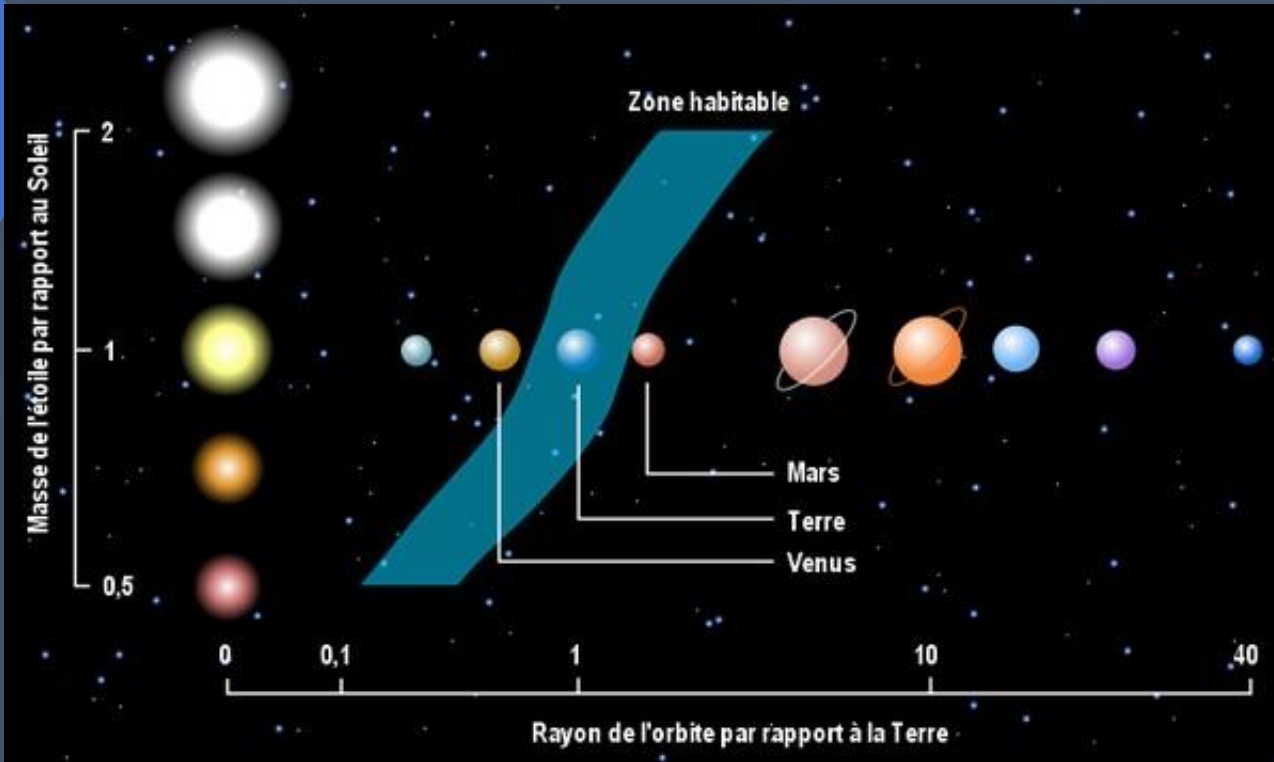
Facteurs expliquant la présence et la composition d'une atmosphère :

La vitesse de libération des gaz dépend de **la masse de la planète** qui augmente plus ou moins la gravité mais également de **la température de surface** des planètes qui influence différemment la vitesse de chaque molécule .

La présence ou non d'une atmosphère et sa composition chimique dépendent donc de la masse de la planète et de sa température de surface *(et donc pour certaines planètes de leur distance au soleil).*

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 2 : l'origine de la température de l'atmosphère



Le soleil est une étoile de type « naine jaune ». Autour d'une telle étoile, on peut définir une « **zone d'habitabilité** », correspondant **aux limites de températures compatibles avec la vie**.

Cependant, toutes les étoiles n'ont pas la même luminosité et l'énergie qu'elles émettent augmente avec leur masse. La position de la zone d'habitabilité dépend donc de l'étoile considérée.

A retenir de ce document :

La Terre est à une distance compatible avec l'obtention d'une température de surface compatible avec la vie sous la forme que nous la connaissons.

On remarque que Mars n'est pas très loin de cette zone d'habitabilité ...

Y-a-t-il eu de la vie sur Mars ?

De la vie sur Mars ?



En 2008, photo prise par le robot martien Spirit

Sauf qu'il s'agit d'un monticule rocheux d'une hauteur impressionnante de... 6 cm.



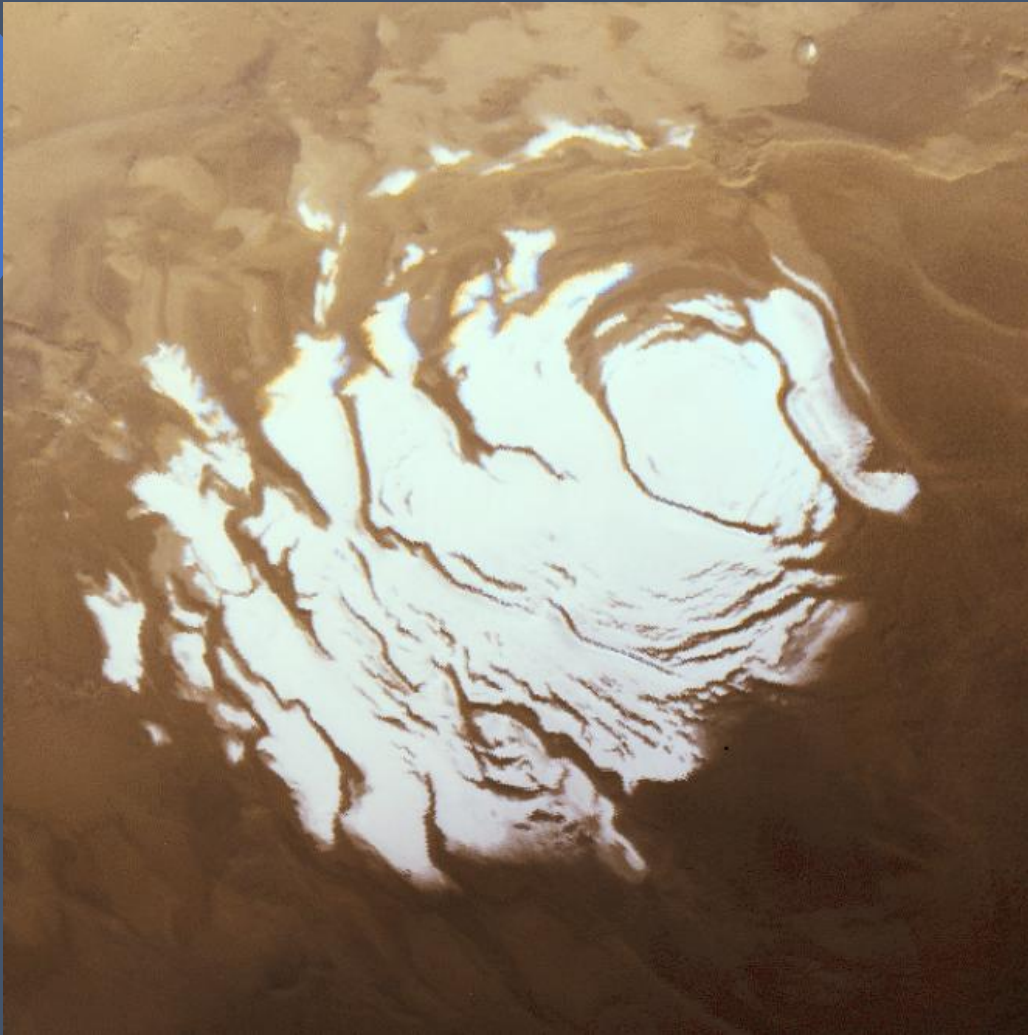
Photo prise par la sonde Viking observer en 1976

En 1998 et 2001, la NASA publiera des photos haute résolution de la zone montrant qu'il ne s'agissait que de monticules



De la vie sur Mars ?

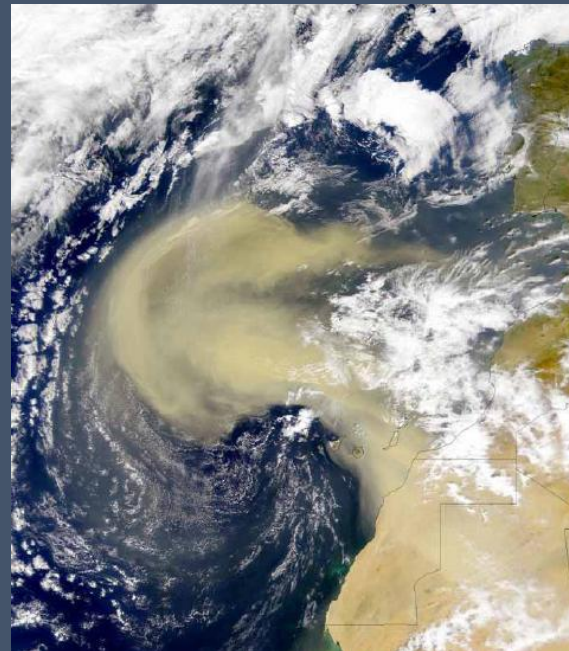
Présence d'eau sous forme solide



Existence de saisons...

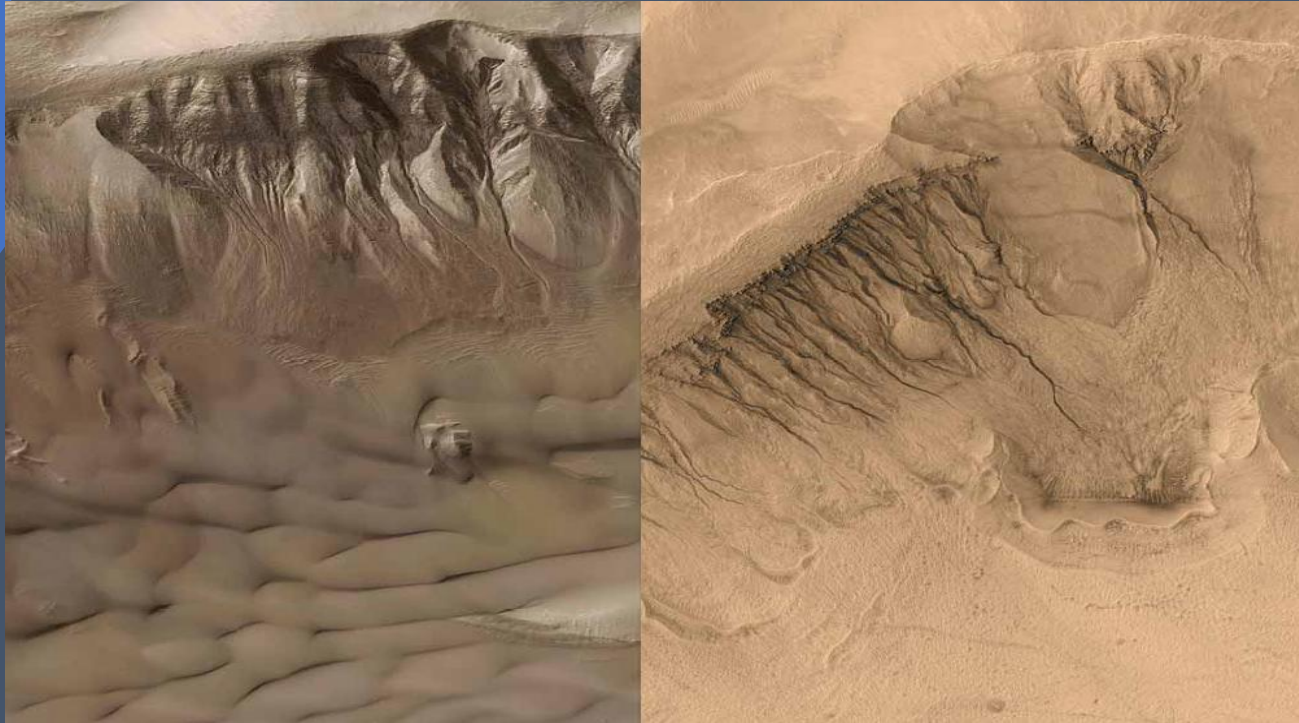


mais aussi de nuages ...

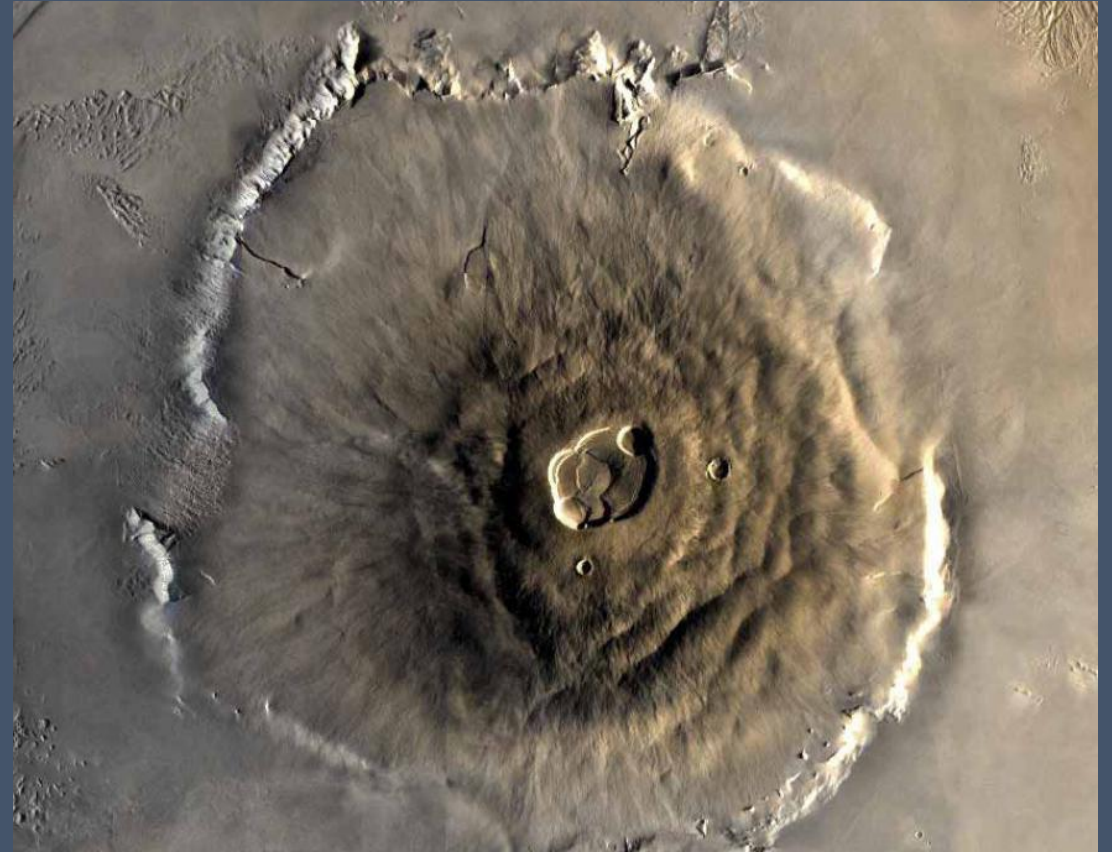


De la vie sur Mars ?

Des traces d'eau liquide passées...

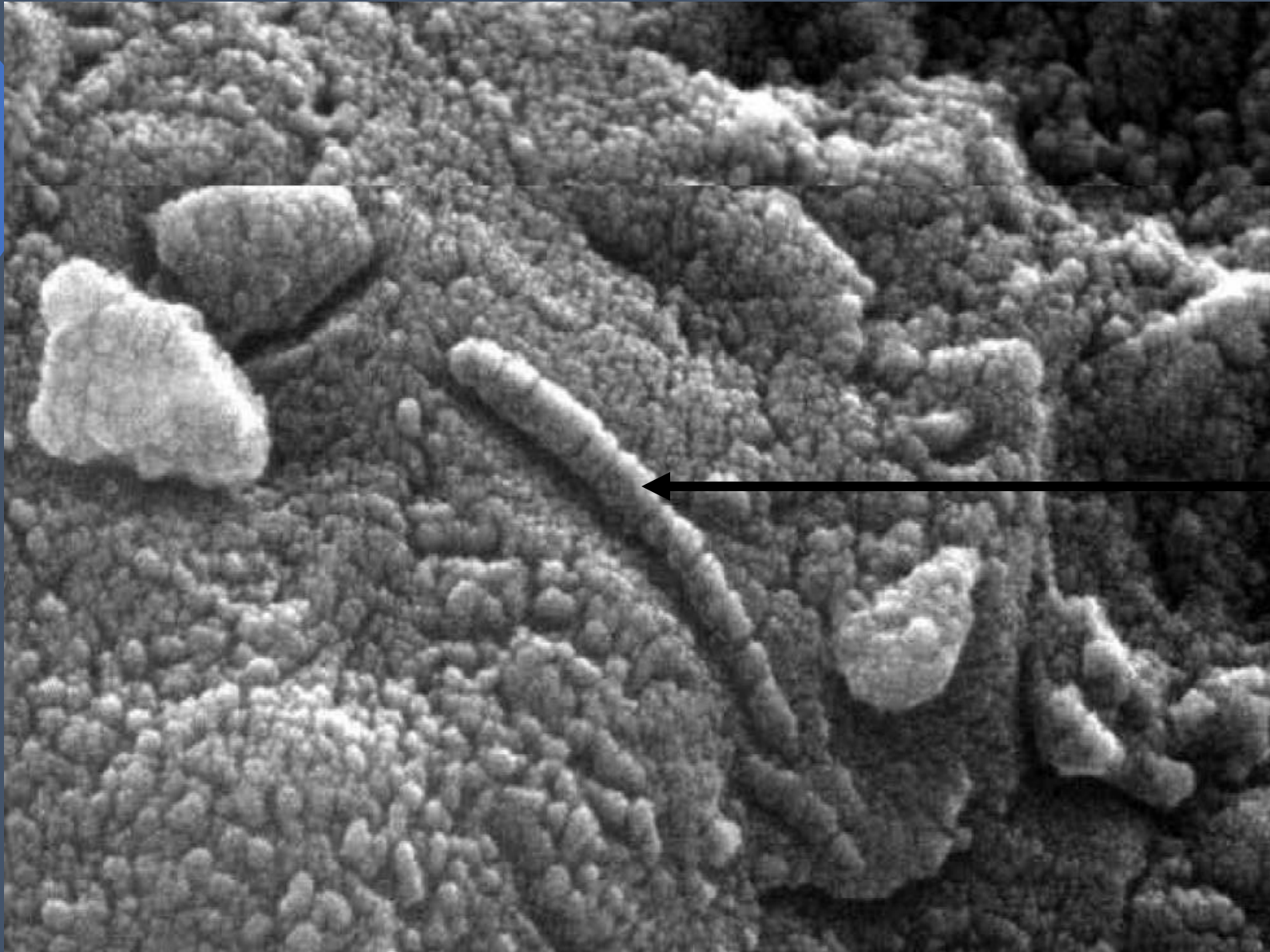


mais aussi des volcans.



De la vie sur Mars ?

Des traces de vie

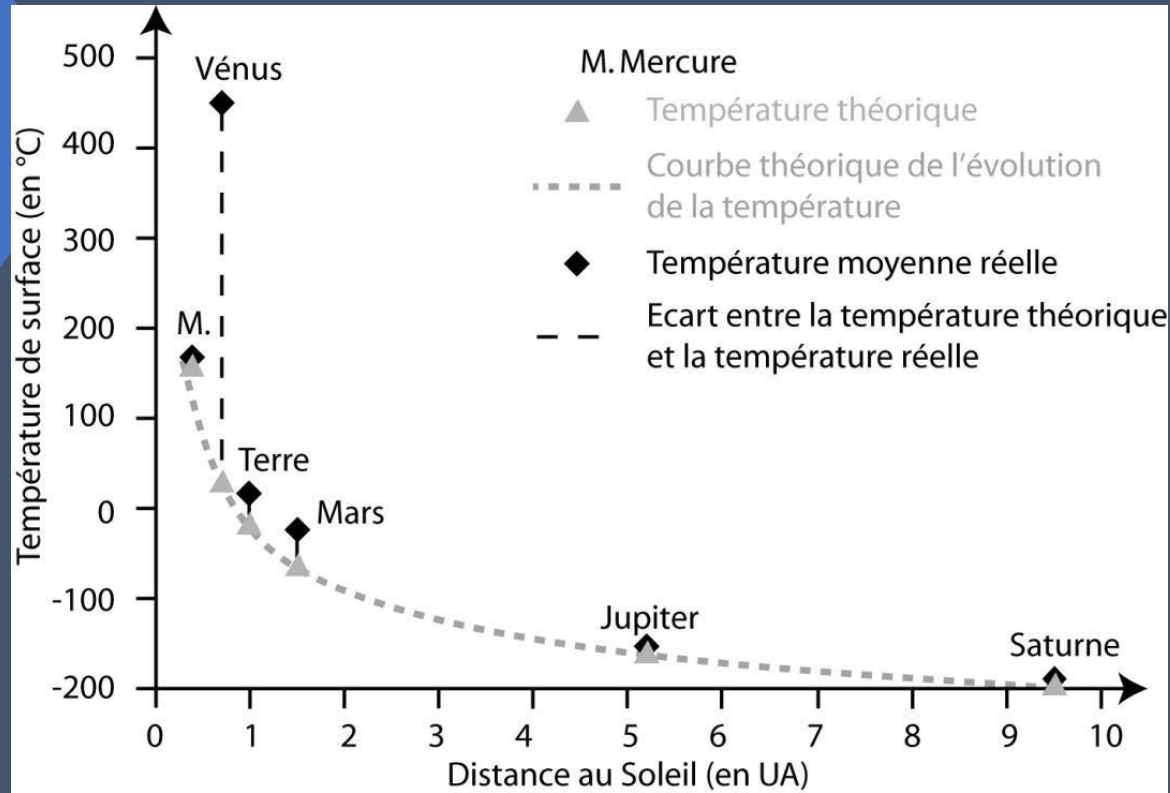


UN MARTIEN ?



Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 2 : l'origine de la température de l'atmosphère



	Vénus	Terre et Lune		Mars
		Terre	Lune	
Pression atmosphérique par rapport à la pression atmosphérique terrestre.	92	1	-	1/140
Composition CO ₂ en %	96	0,03	-	95
Composition N ₂ en %	3	78	-	5
Composition O ₂ en %	-	20,97	-	-
Température moyenne « théorique »	30 °C	- 18 °C	- 18 °C	- 60 °C
Température moyenne de surface	470 °C	15 °C	- 18 °C	- 50 °C

Si on regarde la courbe théorique de l'évolution de la température, on observe logiquement une diminution de la température lorsque l'on s'éloigne du soleil.

On observe que les températures moyennes réelles sont d'ailleurs assez proches sauf pour une planète où l'écart est considérable : Vénus (T° théorique : 30°C - T° moyenne : 470 °C)

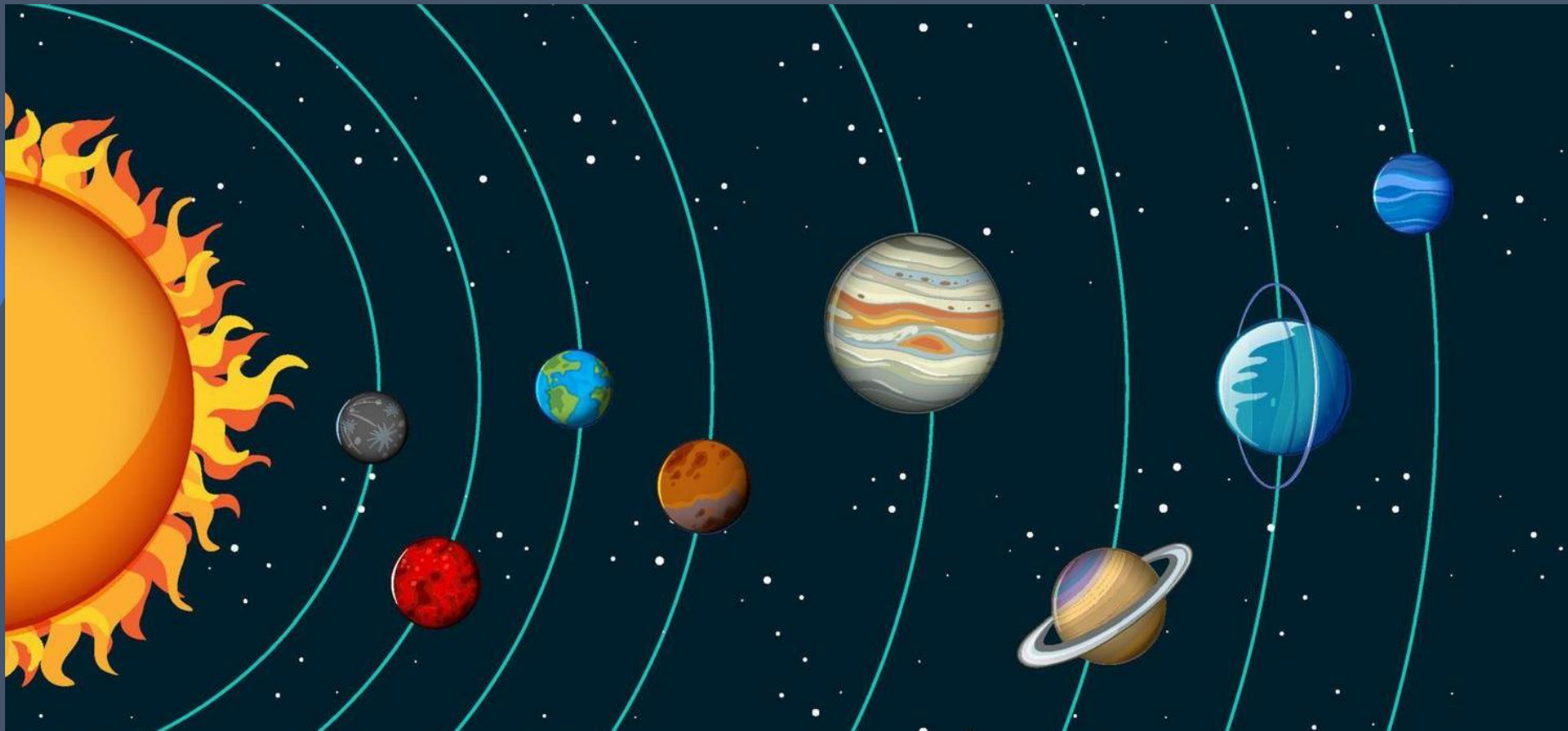
Qu'est ce qui peut expliquer cette différence si importante ?

	Vénus	Terre et Lune		Mars
		Terre	Lune	
Pression atmosphérique par rapport à la pression atmosphérique terrestre.	92	1	-	1/140
Composition CO ₂ en %	96	0,03	-	95
Composition N ₂ en %	3	78	-	5
Composition O ₂ en %	-	20,97	-	-
Température moyenne « théorique »	30 °C	- 18 °C	- 18 °C	- 60 °C
Température moyenne de surface	470 °C	15 °C	- 18 °C	- 50 °C



La présence de CO₂ dans l'atmosphère permet de retenir la chaleur émise par un objet céleste, c'est le mécanisme de l'effet de serre. Dans le cas de Vénus, la présence massive de CO₂ entraîne un effet de serre important qui retient la chaleur et explique cette forte température de surface.

Cet effet de serre existe aussi sur Terre et il est très important car sans lui la température moyenne serait de -18°C incompatible avec la présence de vie.



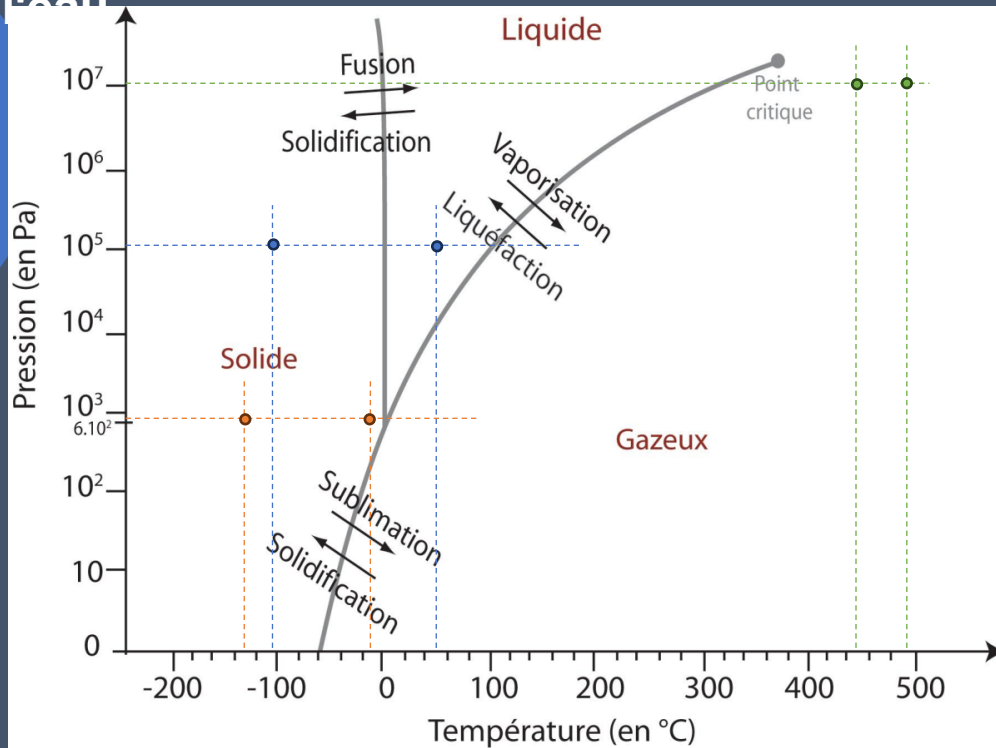
Facteurs expliquant la température de l'atmosphère terrestre :

La température de l'atmosphère est contrôlée par la **distance au soleil** mais aussi par **l'effet de serre**.

Ces deux facteurs aboutissent à une température moyenne sur Terre de $+15^{\circ}\text{C}$ compatible avec l'apparition de la vie telle que nous la connaissons.

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 3 : le rôle de l'atmosphère sur les états possibles de l'eau



	La Terre	Vénus	Mars
Pression de surface	10 ⁵	10 ⁷	6.10 ²
Température moyenne	15 °C	462 °C	- 63 °C
Température minimale	- 93 °C	446 °C	- 133 °C
Température maximale	56 °C	490 °C	- 3 °C

On place pour chaque planète les points (pression, température sur le diagramme des états de l'eau)

- Sur **Terre**, l'eau varie entre **l'état solide et liquide**
- Sur **Vénus**, l'eau n'existe qu'à **l'état gazeux**
- Sur **Mars**, l'eau n'existe qu'à **l'état solide**

Sur Terre, l'eau peut dépasser les 100°C ce qui provoque son évaporation et la formation de nuages à l'origine des pluies et de manière plus générale du cycle de l'eau.

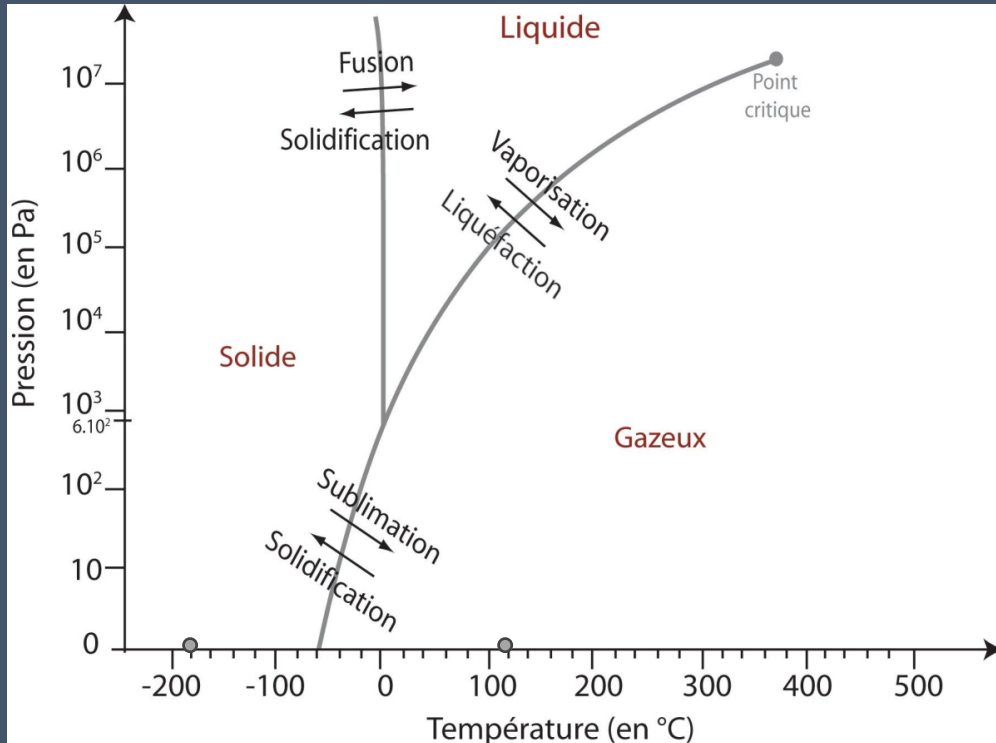
Sur Mars, La température n'est pas très éloignée d'un passage à l'état liquide, ce qui explique les traces d'eau liquide observées dans les diapositives précédentes.

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 3 : le rôle de l'atmosphère sur les états possibles de



Distance Lune Soleil	1 UA
Période de rotation	27.3 jours
Masse par rapport à la Terre	0.12
Pesanteur	1.6 m/s ² (faible)
Atmosphère	Aucune (pression 0)
Température externe	-180°C la nuit, +120°C le jour



- Aux conditions de pression et de température de la Lune, l'eau peut être soit à l'état solide, soit à l'état gazeux.

On peut supposer que lorsque l'eau est à l'état gazeux, elle s'échappe de la Lune vu sa très faible masse. Donc l'existence d'eau sous forme de glace semble compromis.

En revanche, il existe sûrement des cratères ou des grottes dans lesquels l'eau échapperait à son réchauffement le jour et donc subsisterait sous forme de glace.

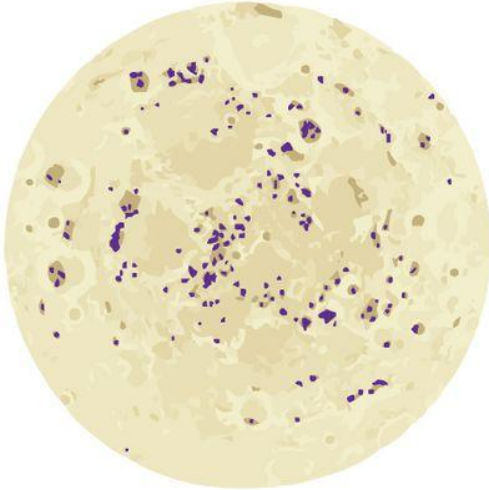
Donc de l'eau sous forme de glace mais dans le sous-sol

De la glace à la surface de la Lune

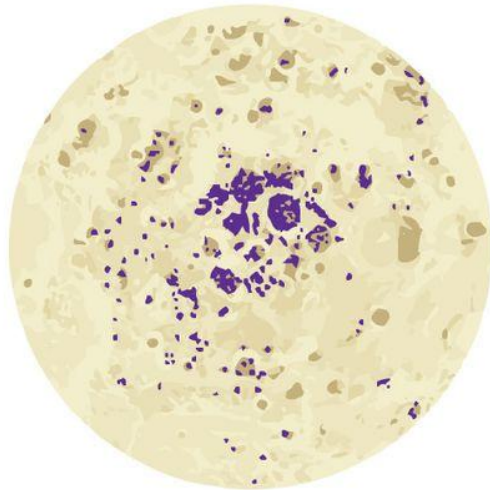
Des scientifiques de la Nasa ont confirmé la présence d'eau glacée sur le satellite de la Terre

■ Présence d'eau glacée

Pôle Nord



Pôle Sud



- ▶ L'eau glacée détectée grâce à l'instrument de la NASA «Moon Mineralogy Mapper» envoyé en 2008 à bord d'une sonde indienne
- ▶ Trois signatures chimiques identifiées confirment la présence d'eau glacée en surface
- ▶ Détectée dans des cratères où les rayons du soleil ne pénètrent pas. La température n'y dépasse jamais -150°C

Étude publiée par la revue américaine
«Proceedings of the National Academy of Sciences»

Sources : PNAS, NASA, HIGP

© AFP

Et c'est bien le cas...

Hergé avait raison avant tout le monde, incroyable

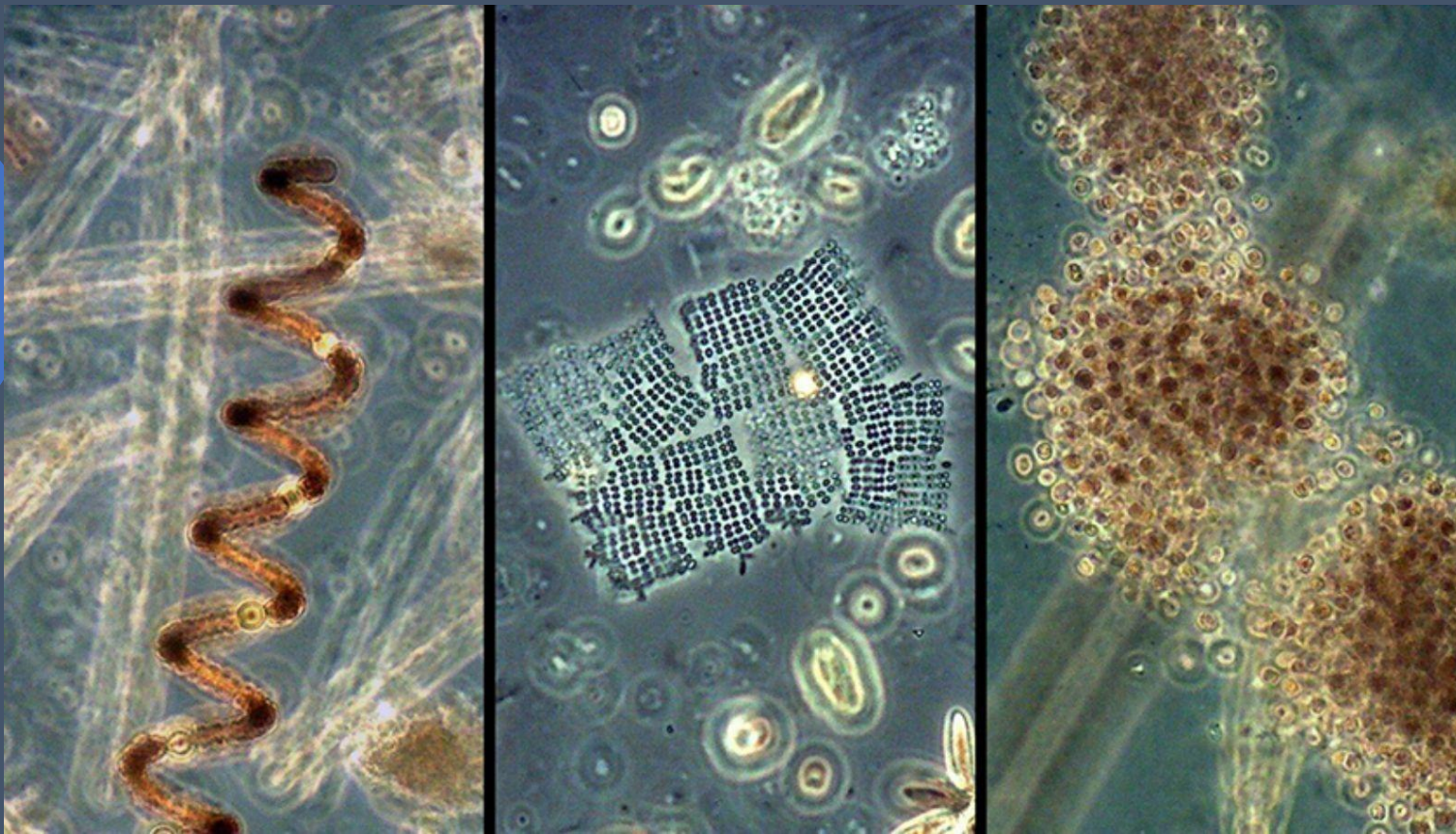
Voilà à quoi devait ressembler la vie sur Terre avant la formation des océans



Voilà à quoi devait ressembler la vie sur Terre durant la formation des océans à partir de -4,4 Ga

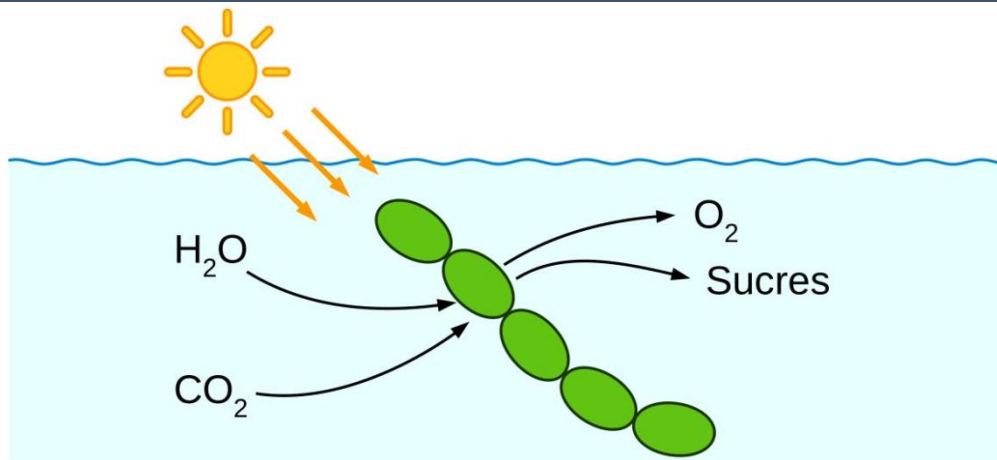


Entre l'image précédente et celle d'une Terre avec un océan établi, il s'est déroulé peut-être 1 Ga (1 milliards d'années)



1^{ère} forme de vie :
les fameuses
cyanobactéries

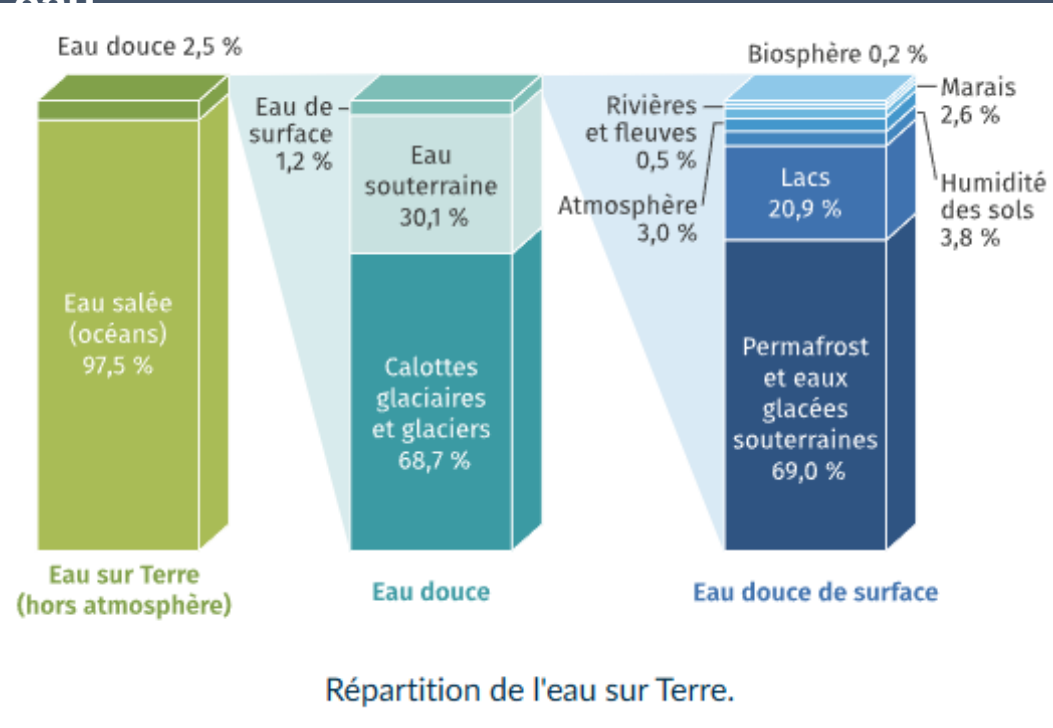
Elles pratiquent la
photosynthèse et donc
fabriquent de l'oxygène



Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 3 : le rôle de l'atmosphère sur les états possibles de

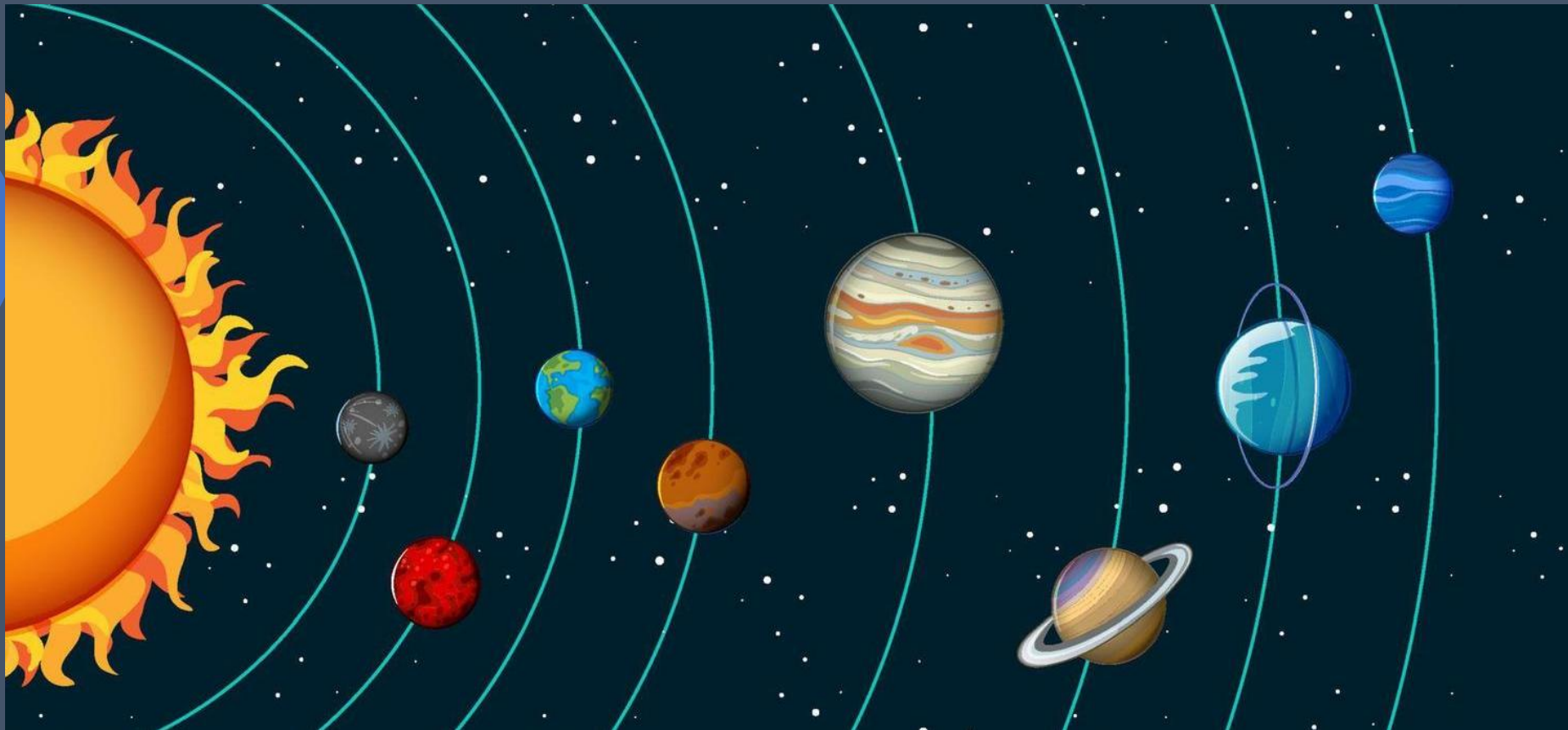
l'eau



Vue de l'espace, la Terre est une planète bleue, recouverte en surface par environ 70 % d'eau.

Cependant, même si elle renferme près de 1,4 milliards de km³ d'eau, une grande partie de cette réserve est de l'eau salée. Sans traitement préalable, cette eau n'est pas consommable par les êtres humains.

Volume d'eau douce : 2.5 % de 1.4 Milliards de Km³ soit :
0.035 Milliards de Km³ d'eau douce
35 millions de Km³



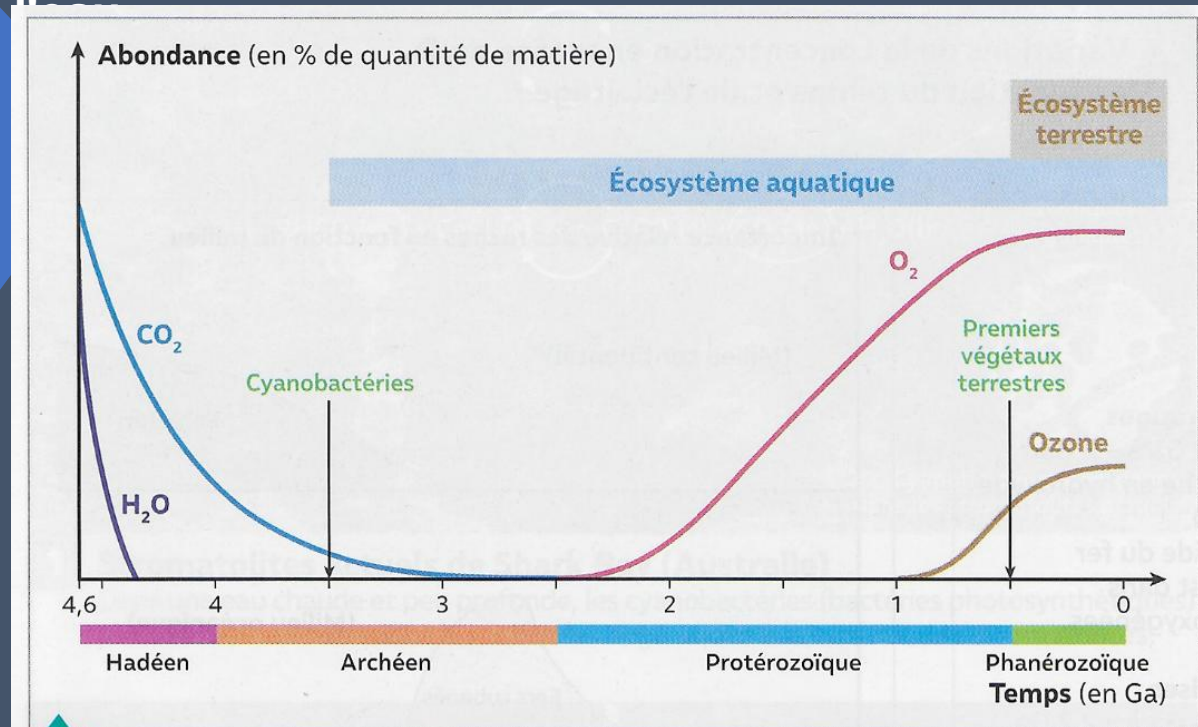
Facteurs expliquant la présence de la vie sur Terre :

La température et la pression contrôlent les états de l'eau.

Sur Terre, l'eau peut exister à l'état liquide, c'est la **seule dans le système solaire** à présenter cette particularité.

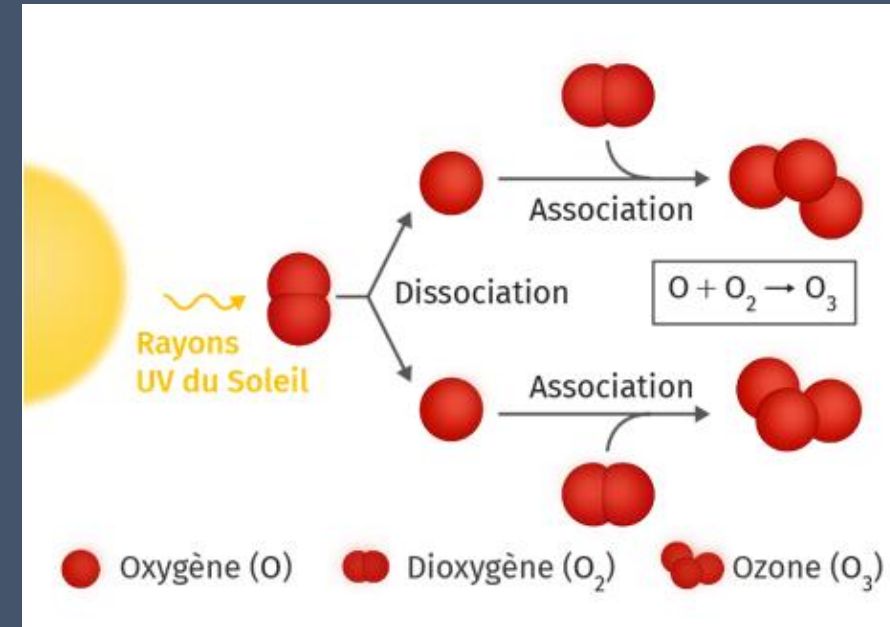
Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 4 : le rôle de l'atmosphère sur l'apparition de la vie hors de



1 L'apparition des deux formes moléculaires de l'oxygène

Évolution des abondances en % de quantité de matière de dioxygène (O₂) et d'ozone (O₃) dans l'atmosphère terrestre.



J'observe l'apparition d'une forme moléculaire de l'oxygène : l'ozone vers -1 Ga dans l'atmosphère. L'ozone est un gaz se formant par combinaison du dioxygène et d'un atome d'oxygène sous l'action des UV en altitude.

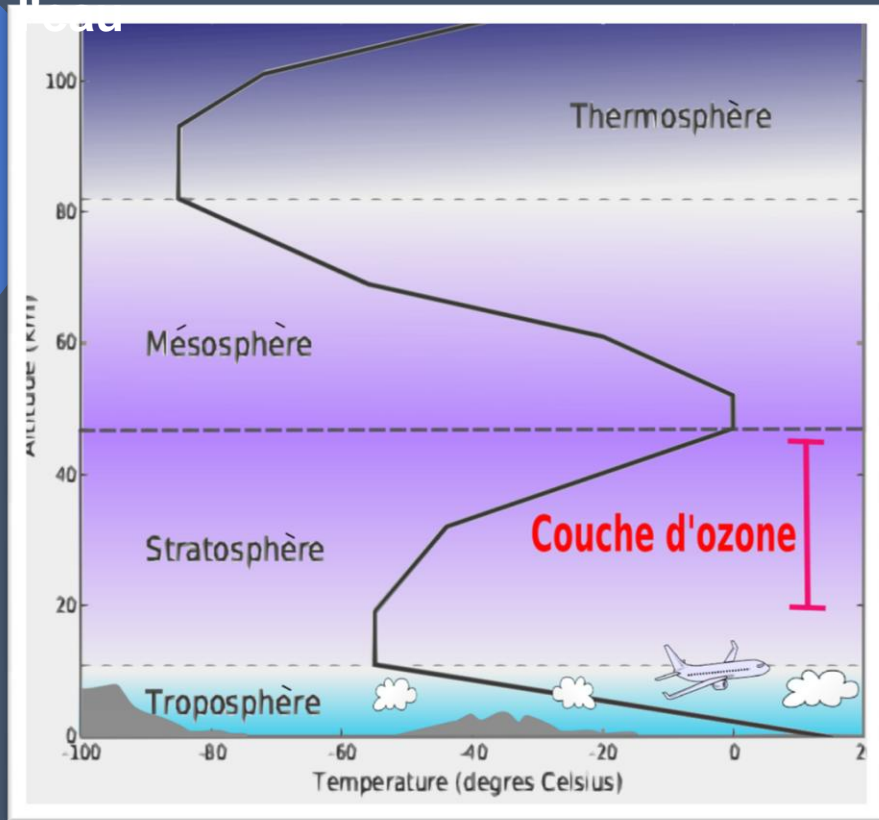
On remarque que les premières formes de vie continentale apparaissent vers -500 Ma soit 500 millions d'années après l'apparition de l'ozone dans l'atmosphère.

J'en déduis l'hypothèse suivante :

l'ozone a-t-elle permis l'apparition de la vie sur les continents ?

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

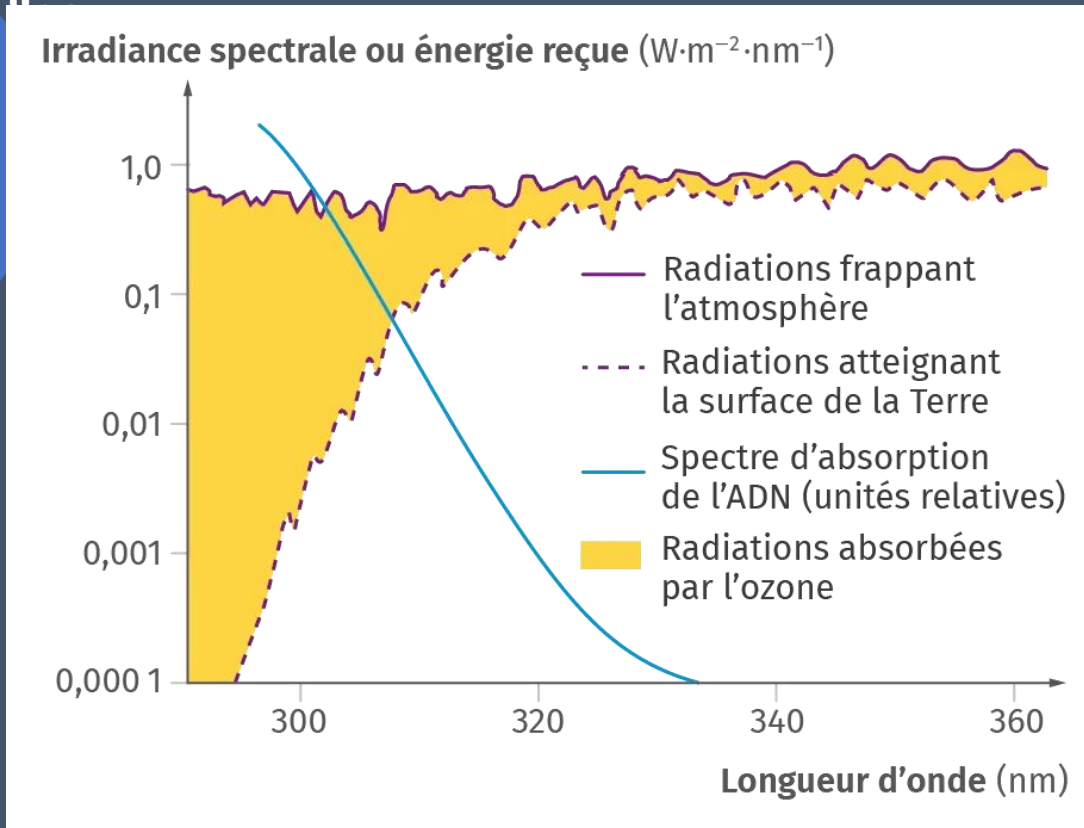
Groupe 4 : le rôle de l'atmosphère sur l'apparition de la vie hors de l'eau



L'ozone semble se concentrer au niveau de la stratosphère entre 20 et 50 km d'altitude formant ainsi la "couche d'ozone"

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 4 : le rôle de l'atmosphère sur l'apparition de la vie hors de



La couche d'ozone absorbe une partie des radiations solaires qui frappent la haute atmosphère. Les radiations qui parviennent à la surface de la Terre peuvent être absorbées par l'ADN et provoquer des mutations potentiellement cancérigènes.

La terre subit des radiations, or celles-ci sont en grande partie absorbées par l'ozone (toutes celles comprises entre 320 et 360 nm)

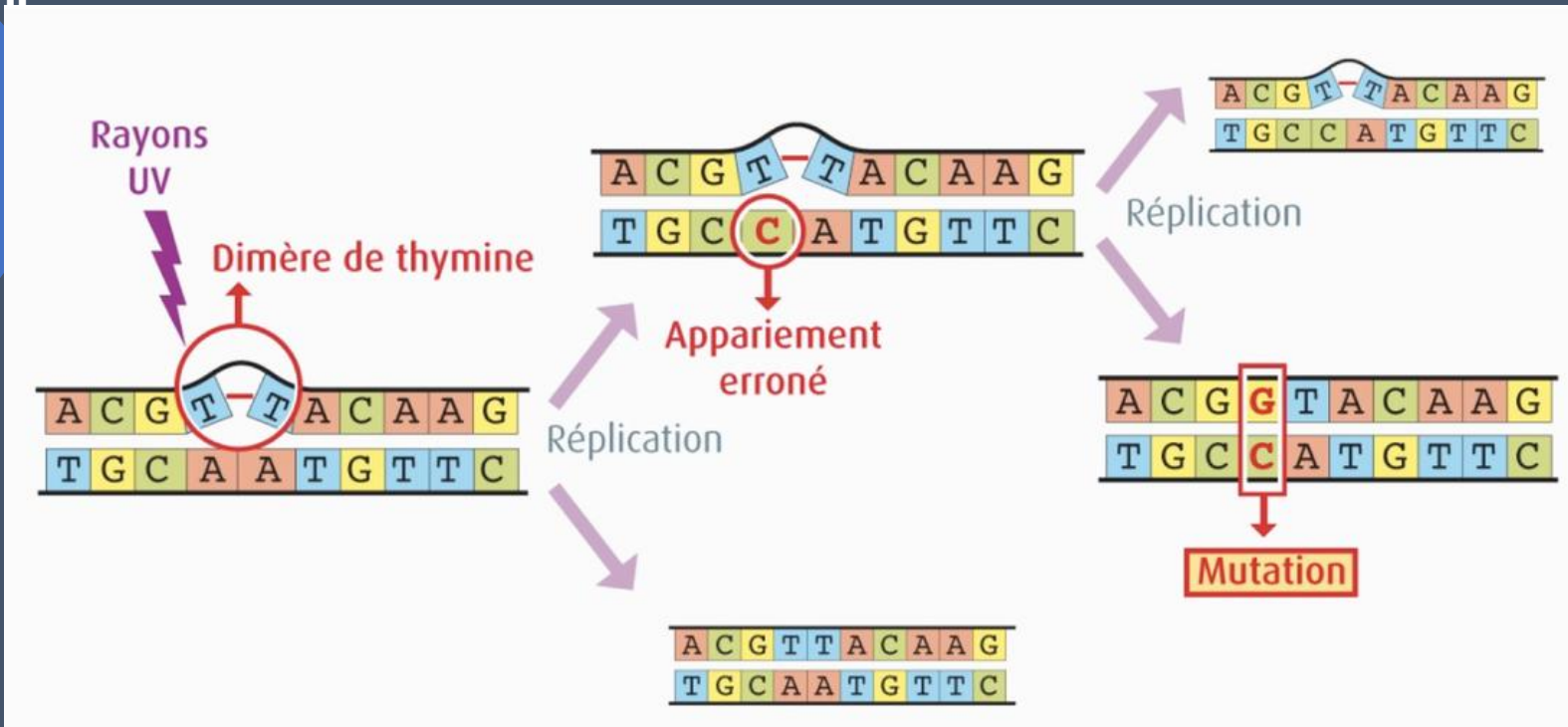
Cependant, les radiations comprises entre 250 et 320 nm sont très peu absorbées.

Il s'avère que L'ADN absorbe également les radiations particulièrement entre 300 et 320 nm.

Ces radiations de longueur d'onde comprise entre 300 et 320 nm correspondent en fait aux rayons UV émis par le soleil et que reçoit la Terre

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 4 : le rôle de l'atmosphère sur l'apparition de la vie hors de



Sous l'action des rayons UV, il se forme des liaisons anormales entre deux thymines successives sur un brin d'ADN.

Cette liaison entraîne une erreur dans l'appariement des bases lors d'une division cellulaire. On obtient alors une **mutation** et à terme la formation d'un mélanome. Le UV sont donc dangereux pour l'ADN et pour l'être humain.

La vie s'est développée dans les eaux océaniques à une époque où l'atmosphère était dépourvue de couche d'ozone stratosphérique. Dès lors, c'est l'eau, par sa capacité d'absorption des rayons ultraviolets, qui joua le rôle de filtre. On estime que la totalité des ultraviolets est absorbée par l'eau entre 10 et 30 mètres de profondeur en fonction de sa transparence.

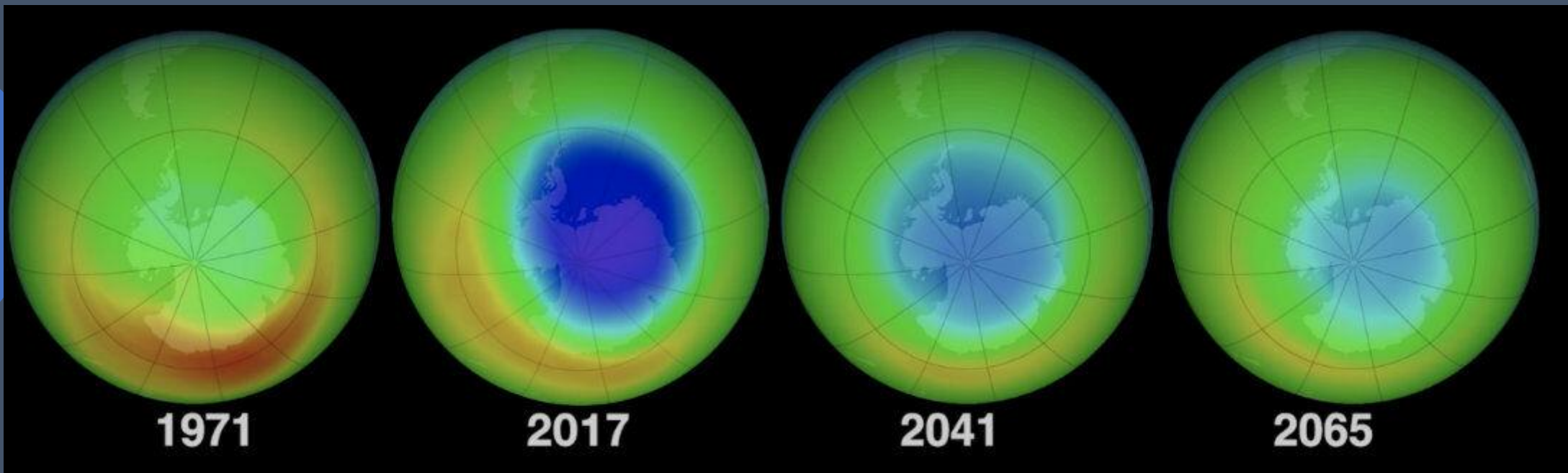
En absence de couche d'ozone, **la vie se développait dans les océans.**

L'ADN était protégé des rayons UV grâce à l'eau qui filtre ces rayonnements.

Lorsque est apparue la **couche d'ozone**, **la vie a pu se développer sur les continents** car les formes de vie qui s'y développaient étaient à leur tour protégées des rayons UV et de leur effet mutagène.

C'est donc bien l'apparition de la couche d'ozone qui a permis l'émergence de la vie hors de l'eau.

Son absence est-elle un risque pour les formes de vie actuelle ?

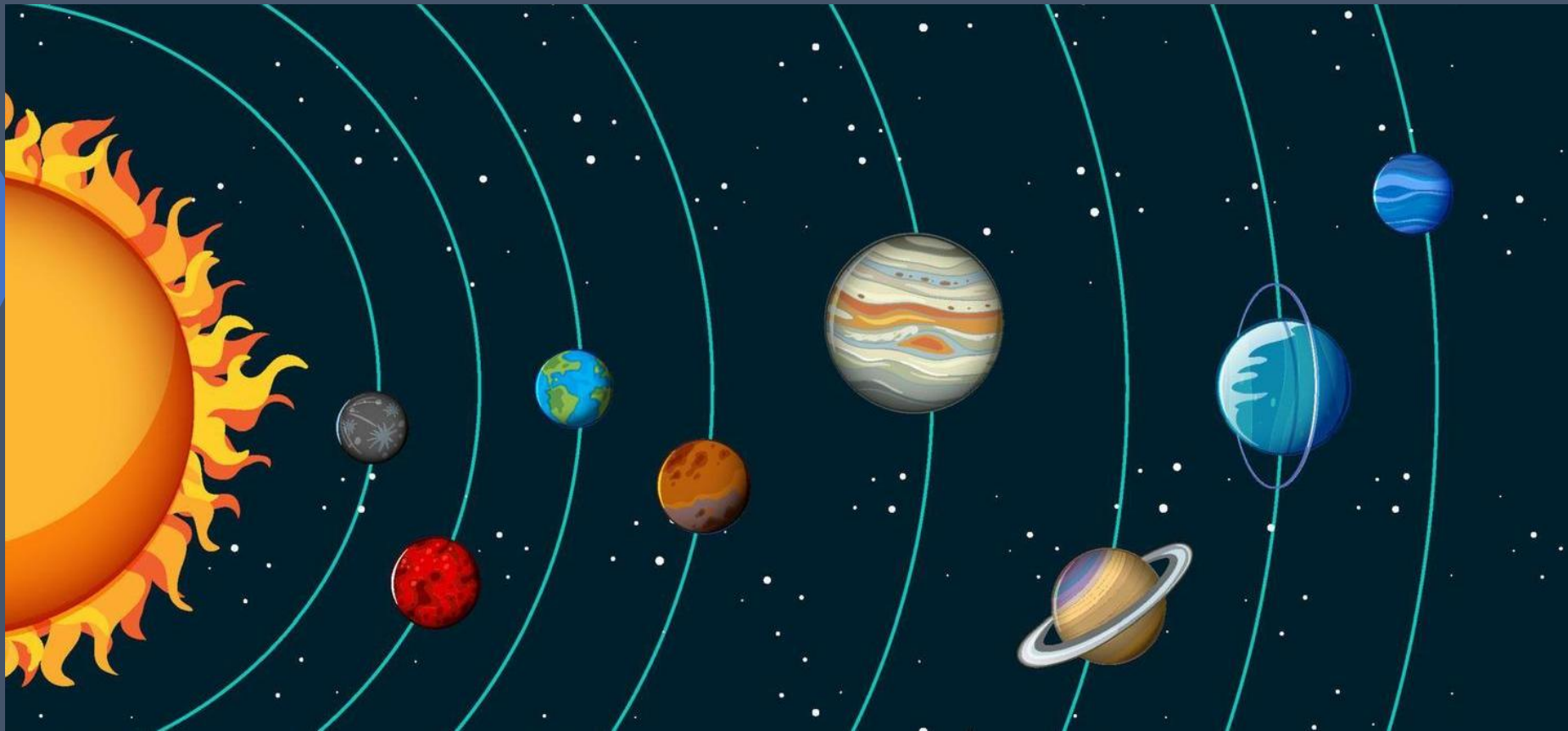


On observe l'existence d'un trou dans la couche d'ozone particulièrement important au Pôle Sud. Ce dernier s'est créé suite à l'utilisation des composés chlorés (CFC). Ce trou (25 millions de km² en 2011) entraîne des températures importantes et un rayonnement UV qui brûlent pendant une longue période de l'année.

Ce phénomène concoure à la fonte plus rapide des glaciers.

Le risque à long terme est de voir se développer une augmentation importante des cancers de la peau notamment.

Cependant, il devrait commencer à se refermer et retrouver son épaisseur d'origine d'ici 2050.



Facteurs expliquant la présence de la vie sur Terre :

La température et la pression contrôlent les états de l'eau.

Sur Terre, l'eau peut exister à l'état liquide, c'est la **seule dans le système solaire** à présenter cette particularité.

L'apparition de l'oxygène dans l'atmosphère a permis l'apparition de l'ozone (O_3)

Cette molécule en formant une couche dans l'atmosphère permet de bloquer des radiations nocives pour l'ADN.

Elle permet donc l'apparition de formes de vie en dehors de l'eau sur les continents.

Activité 2 : l'apparition de la vie hors de l'eau : L'évolution de l'atmosphère

Groupe 4 : le rôle de l'atmosphère sur l'apparition de la vie hors de l'eau



Des fossiles suggèrent que c'est vers la fin du Dévonien (419,2 à 358,9 millions d'années), que se produit la sortie des eaux des vertébrés, c'est-à-dire la diversification des premiers tétrapodes sur la terre ferme

Les tétrapodes aquatiques étaient répartis partout sur la planète au moment où certains d'entre eux ont commencé à poser une patte sur la terre ferme.

Une patte sale, probablement, car ces animaux vivaient dans des environnements boueux.

Acanthostega 1^{ère} forme de vie continentale

L'équation de DRAKE

Cette équation a été suggérée par **Frank Drake** en **1961** afin de tenter d'estimer le nombre potentiel de **civilisations extraterrestres** dans **notre galaxie** avec qui nous pourrions entrer en contact.

Le principal objet de cette équation pour les **scientifiques** est de déterminer ses facteurs, afin de connaître le nombre probable de ces civilisations.



L'équation proprement dite est le produit de sept facteurs :

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times L$$

où :

- N est le nombre de **civilisations extraterrestres** dans notre galaxie avec lesquelles nous pourrions entrer en contact ;

et :

- R^* est le nombre d'**étoiles** en formation par an dans **notre galaxie** ;
- f_p est la fraction de ces étoiles possédant des **planètes** ;
- n_e est le nombre moyen de planètes potentiellement propices à la **vie** par étoile ;
- f_i est la fraction de ces planètes sur lesquelles la vie apparaît effectivement ;
- f_c est la fraction de ces planètes sur lesquelles apparaît une vie intelligente ;
- f_c est la fraction de ces planètes capables et désireuses de communiquer ;
- L est la durée de vie moyenne d'une civilisation, en années.

Les scientifiques de nos jours ont de considérables désaccords sur les valeurs possibles de ces paramètres.

Les valeurs utilisées par Drake et ses collègues en **1961** sont :

- $R^* = 10 \text{ an}^{-1}$;
- $f_p = 0,5$;
- $n_e = 2$;
- $f_i = 1$;
- $f_i = f_c = 0,01$;
- $L = 10\,000$ ans.

Ce qui donne $N = \mathbf{10}$ civilisations en mesure de communiquer dans la **Voie Lactée**.

Conclusion : L'apparition de la vie sur Terre fait suite à une **concordance d'évènement incroyablement chanceux** à l'échelle de l'univers (bonne position, Température convenable pour l'eau liquide, masse correcte pour une atmosphère etc.)

DE LA VIE AILLEURS ?

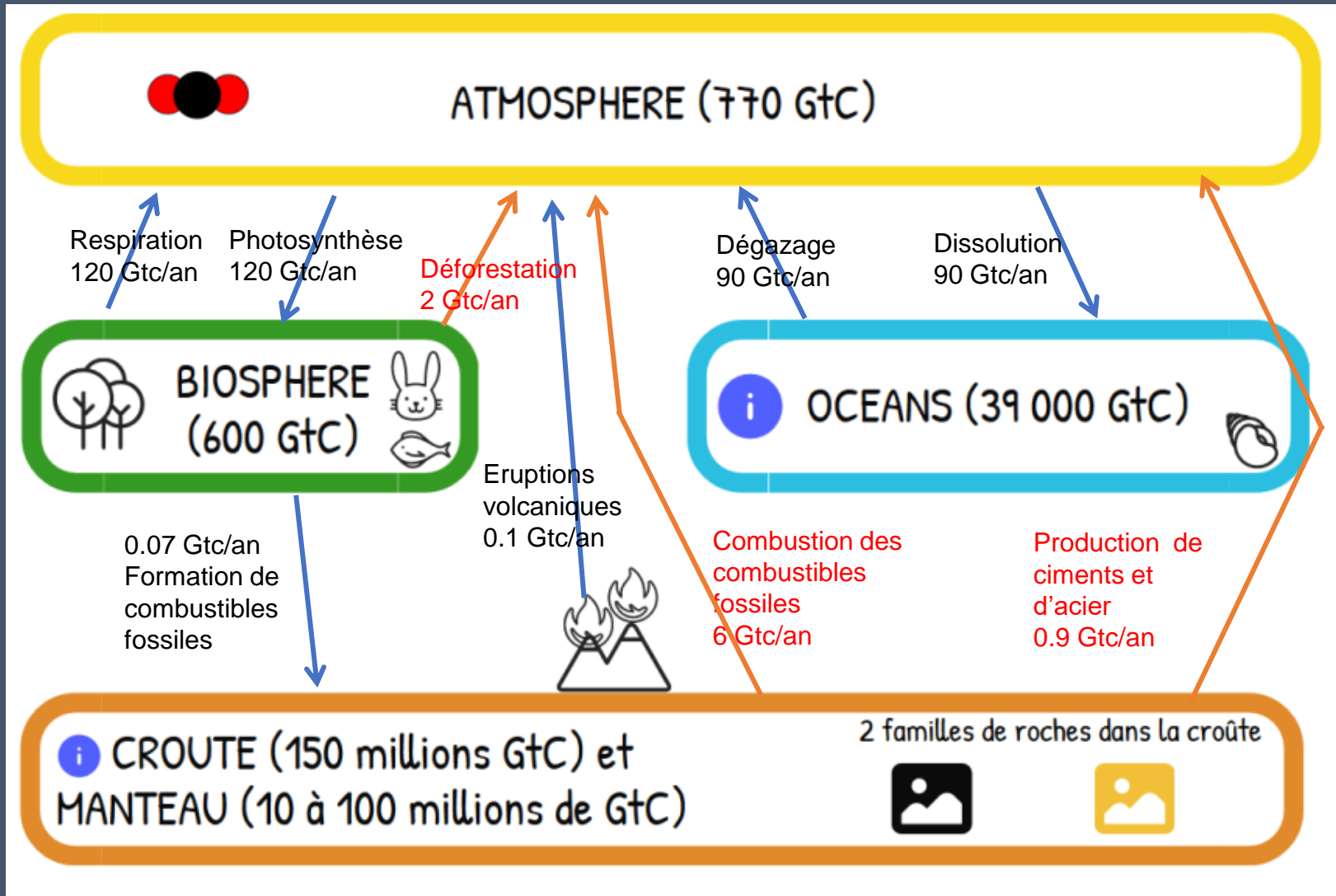
S'il y a de la vie ailleurs, est-ce qu'elle ressemble à celle que nous connaissons sur Terre ? Est-ce qu'elle est faite de cellules elle aussi ?

Est-ce qu'elle pourrait émettre le même genre de signaux que nous ?

Se pourrait-il carrément qu'il y ait de la vie partout là-haut, mais que nous soyons juste incapables de la détecter ?



Activité 3 : Le cycle du carbone



Légende



Combustible fossile



Roche sédimentaire



Flux naturel de carbone



Flux de carbone d'origine humaine

Document 1 Composition atomique de la matière

		C	Si	O	N	H
MATIÈRE MINÉRALE	Planète Terre	0,02 %	13,8 %	48,8 %	-	-
	Granite	-	34,9 %	49,7 %	-	-
MATIÈRE ORGANIQUE	Grenouille	18 %	-	62 %	9 %	0,8 %
	Blé	24 %	0,7 %	64 %	9 %	0,8 %
	Champignon	13 %	-	72 %	9 %	4 %

a. Pourcentages en masse de quelques atomes dans différentes matières minérales et matières organiques.



Charbon
C, H, O, N



Granite
Si, Al, O

b. Composition atomique de deux roches.

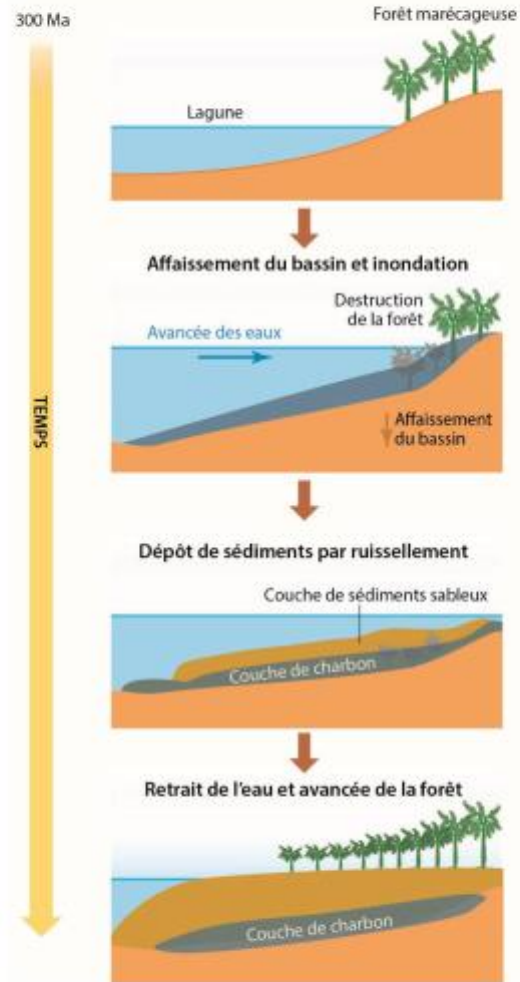
Le charbon contient des atomes de C, H, O et N que l'on retrouve dans la matière organique.

Cette observation permet de supposer que le charbon est d'origine organique.

Rq. Le Granite contient des atomes de Si, Al et O caractéristiques de la matière minérale

Document 2 La formation des gisements de charbon

La transformation de la matière organique en charbon est un mécanisme qui prend des dizaines de millions d'années (voir doc. 3). Ce processus de fossilisation, appelé aussi **carbonification**, se fait surtout à partir de matière organique végétale : lors de son enfouissement lent, celle-ci est soumise à une augmentation de pression et de température entraînant des transformations chimiques.



Vidéo Présentation 3D de la formation du charbon, INGENO (durée : 1 min 16 s)

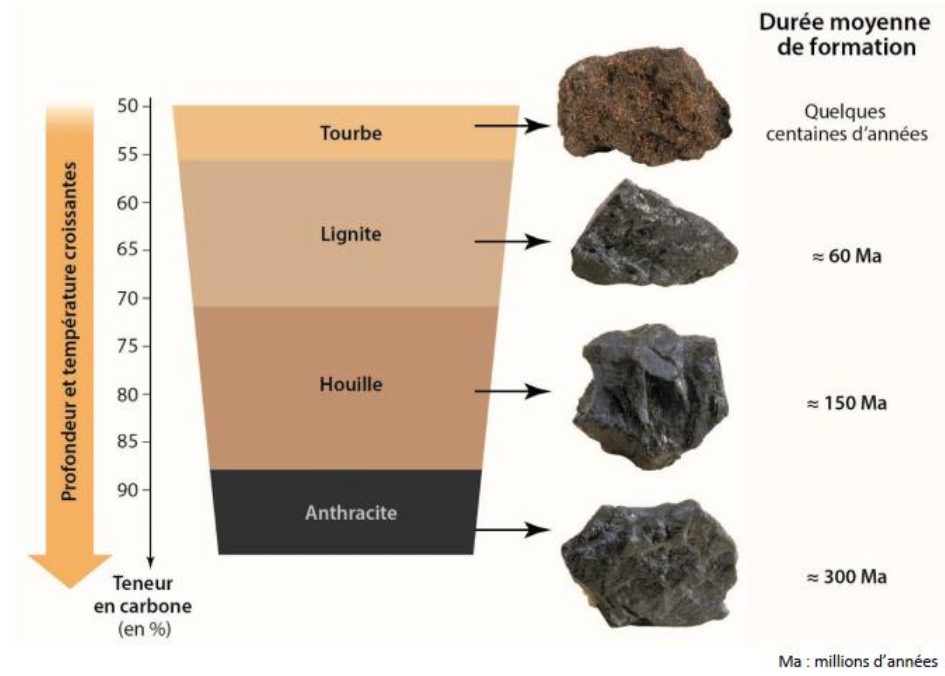
<https://www.youtube.com/embed/16zwZhHe7Is>



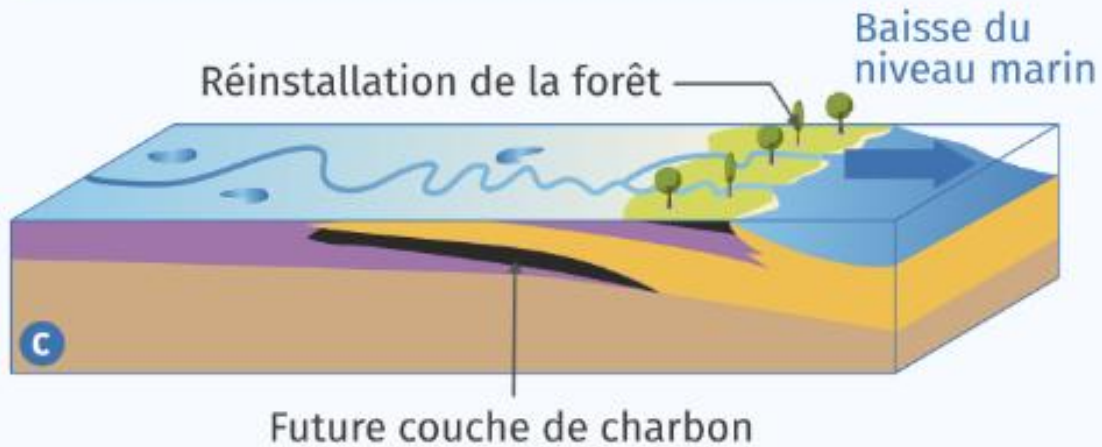
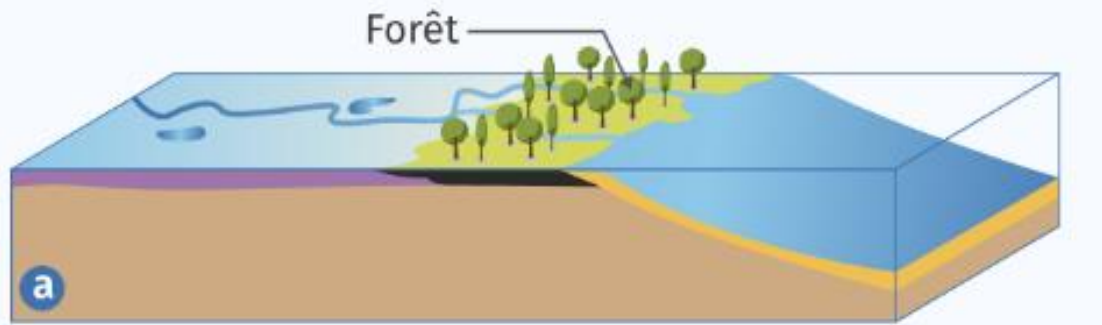
La formation du charbon provient bien de la transformation de MO (arbre, végétation) qui se retrouve dans l'eau puis est enfouie lentement durant des millions d'années.

Elle subit alors une augmentation de Pression et de température permettant sa transformation en charbon

Document 3 Quatre types de charbon

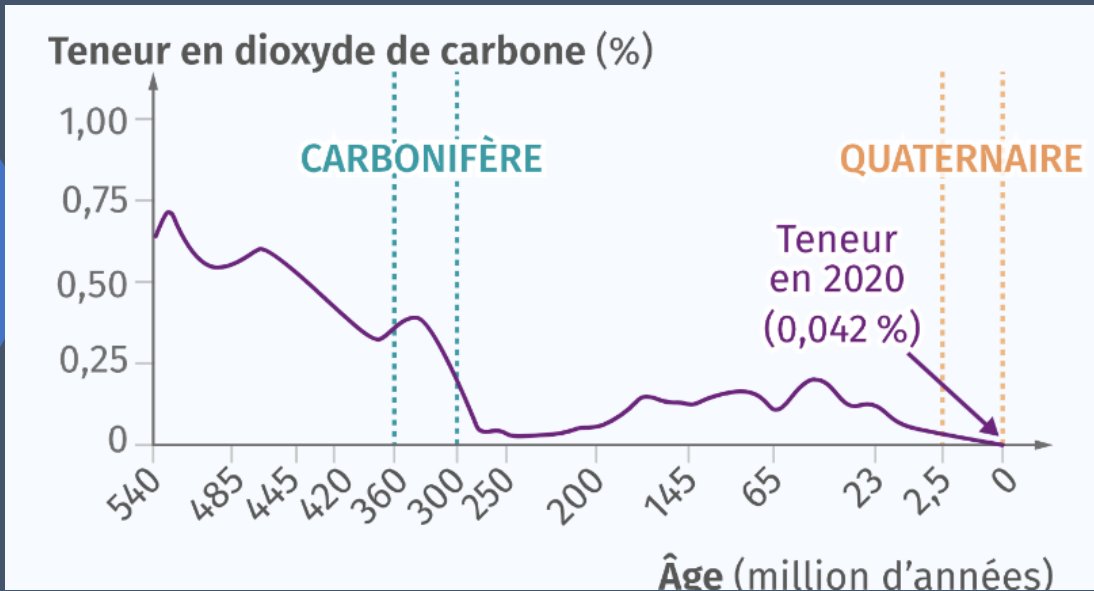


En fonction de la profondeur (pression) et de la température atteintes, la Mo se transforme d'abord en tourbe, puis en lignite, puis en houille et enfin en Anthracite



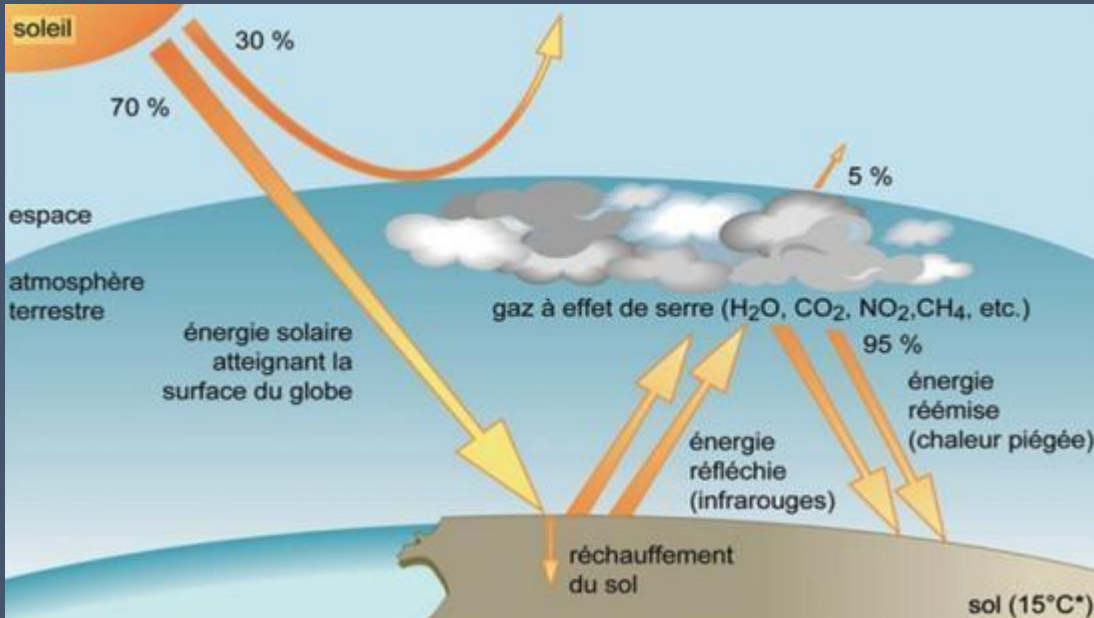
Roche sédimentaire Matière organique Argile

La biomasse se transforme en combustible fossile vers 2000 m de profondeur. L'enfouissement est de l'ordre de $1/10^{\text{ème}}$ de mm/an. Si on poursuit le raisonnement, il faut donc 10 ans pour que la biomasse soit enfoui de 1mm. Pour atteindre 2000m soit 2 000 000 de mm, il faut $2 \times 10^6 \times 10 = 2 \times 10^7$ ans, soit 20 millions d'années.



Au cours des temps géologique, le CO₂ a atteint une concentration importante lors d'une période de temps : **le carbonifère**.

Celle-ci se caractérisait par une végétation luxuriante et la présence d'une forêt importante à l'origine des ressources en combustible fossile actuel.



Ce rejet important de CO₂ est à l'origine de l'effet de Serre cause majeur du réchauffement climatique.

Les gaz à effet de serre comme le CO₂ piège le rayonnement infrarouge émis par le sol, la chaleur est alors piégée dans l'atmosphère.