

Découvert'

# eau

Une conférence présentée par

L'association

# Découvert'o







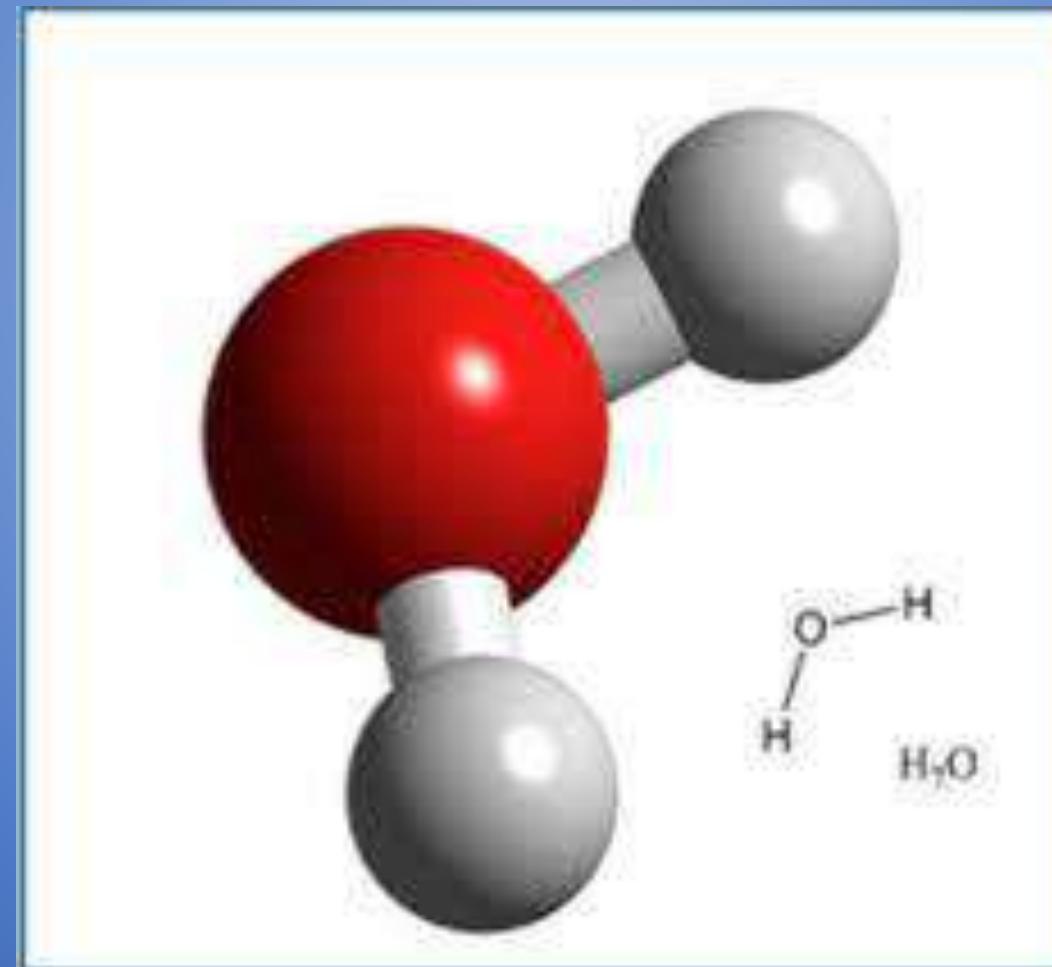
L'eau par DécouvertO

Une goutte d'eau suffit pour créer un monde

**Gaston Bachelard**

# H<sub>2</sub>O

Elle est la  
seule  
molécule de  
cette taille à  
combiner  
autant de  
particularités



Si cette molécule se comportait selon les propriétés des atomes qui la constituent elle gelerait à -100°C et se vaporiserait à -70°C

Oxygène / Point d'ébullition

-183 °C

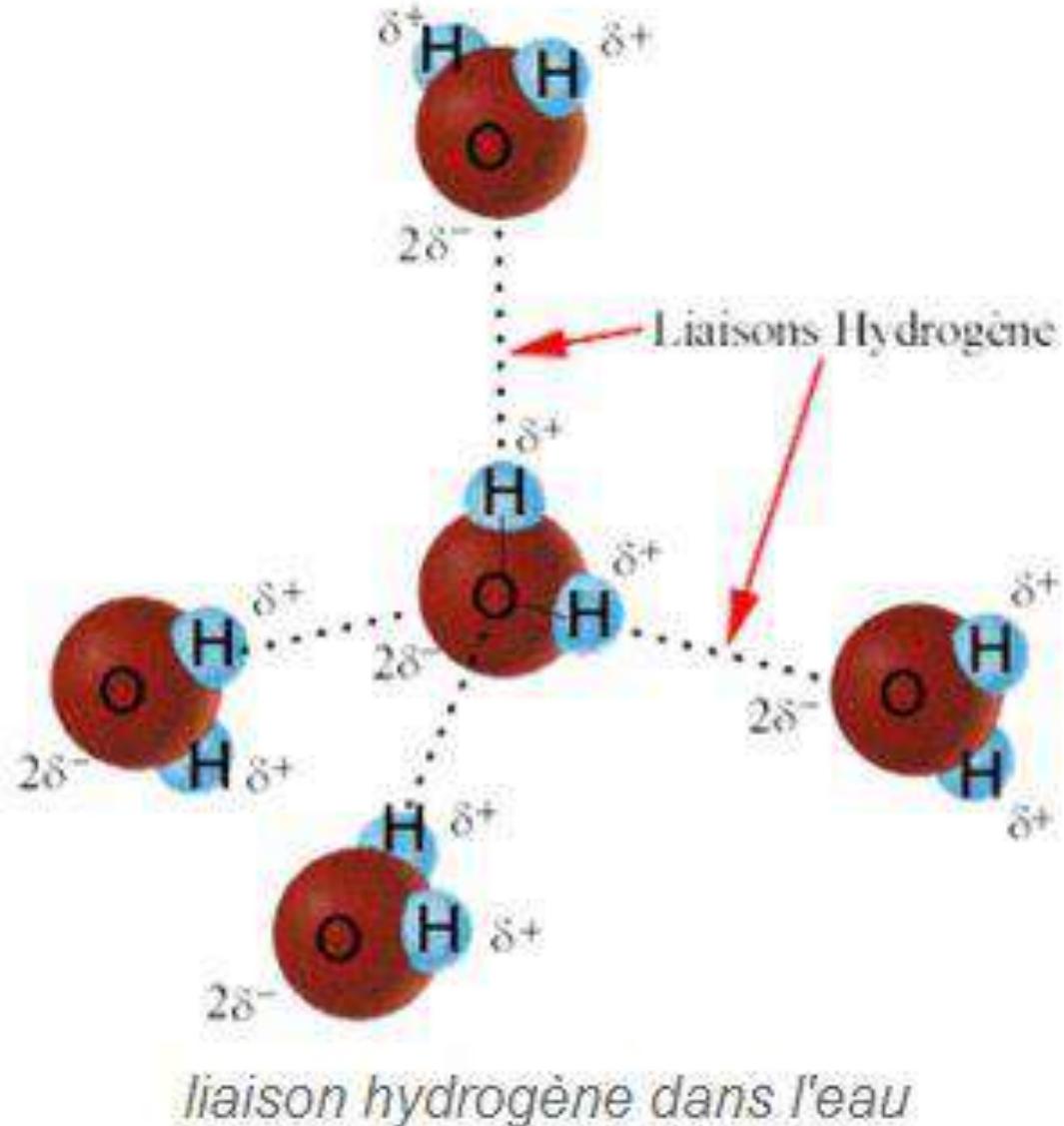
Hydrogène / Point d'ébullition

-252,9 °C

Eau / Point d'ébullition

100 °C

Elle doit les propriétés que nous lui connaissons à la liaison hydrogène. Cette interaction de type faible, relie les molécules d'eau liquide entre elles en un gigantesque réseau.



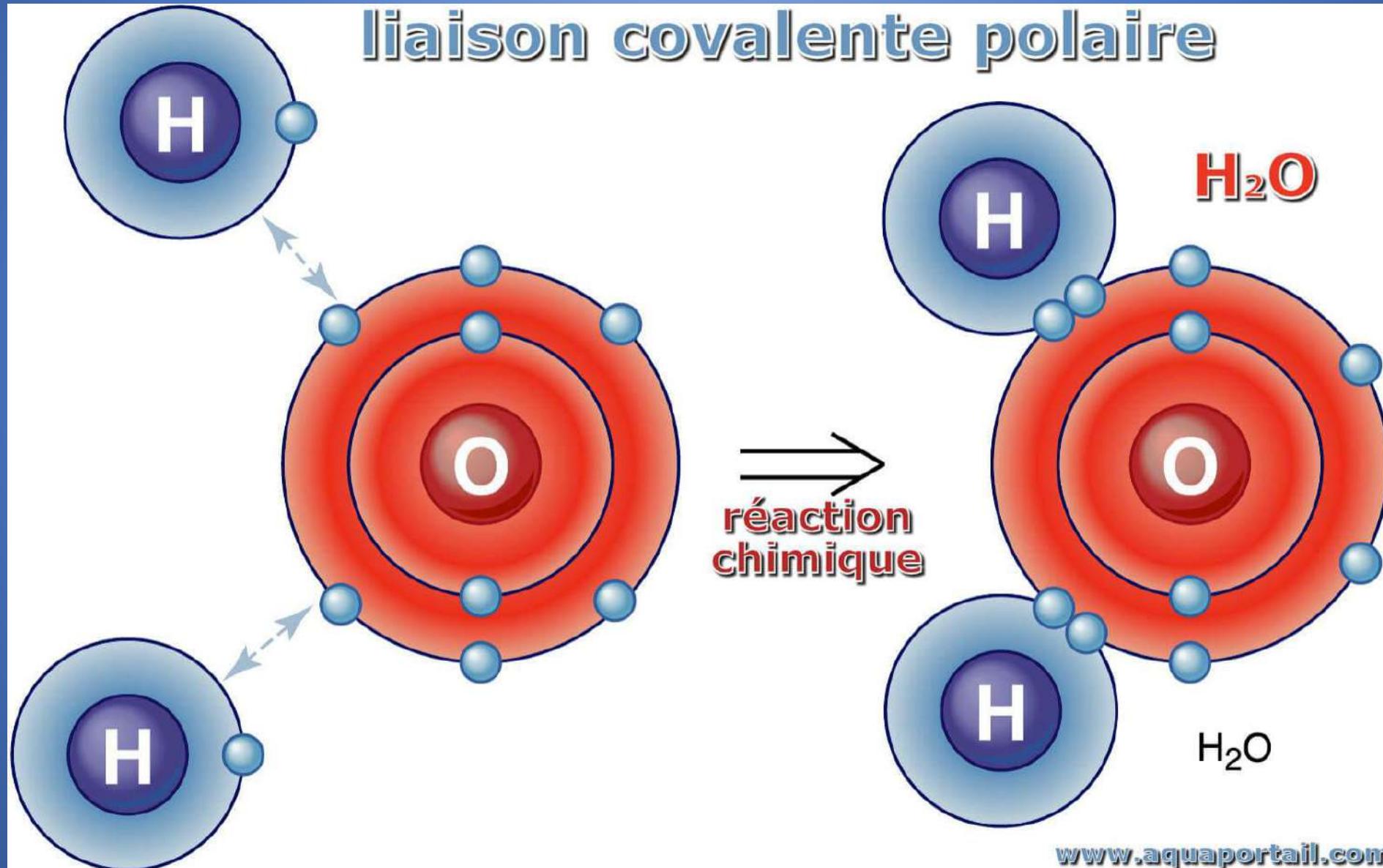
# Propriétés émergentes : « le tout est plus que la somme des parties »

- L'eau est un solvant quasiment universel
- À l'état solide elle est moins dense que l'eau
- L'eau a un effet refroidissant

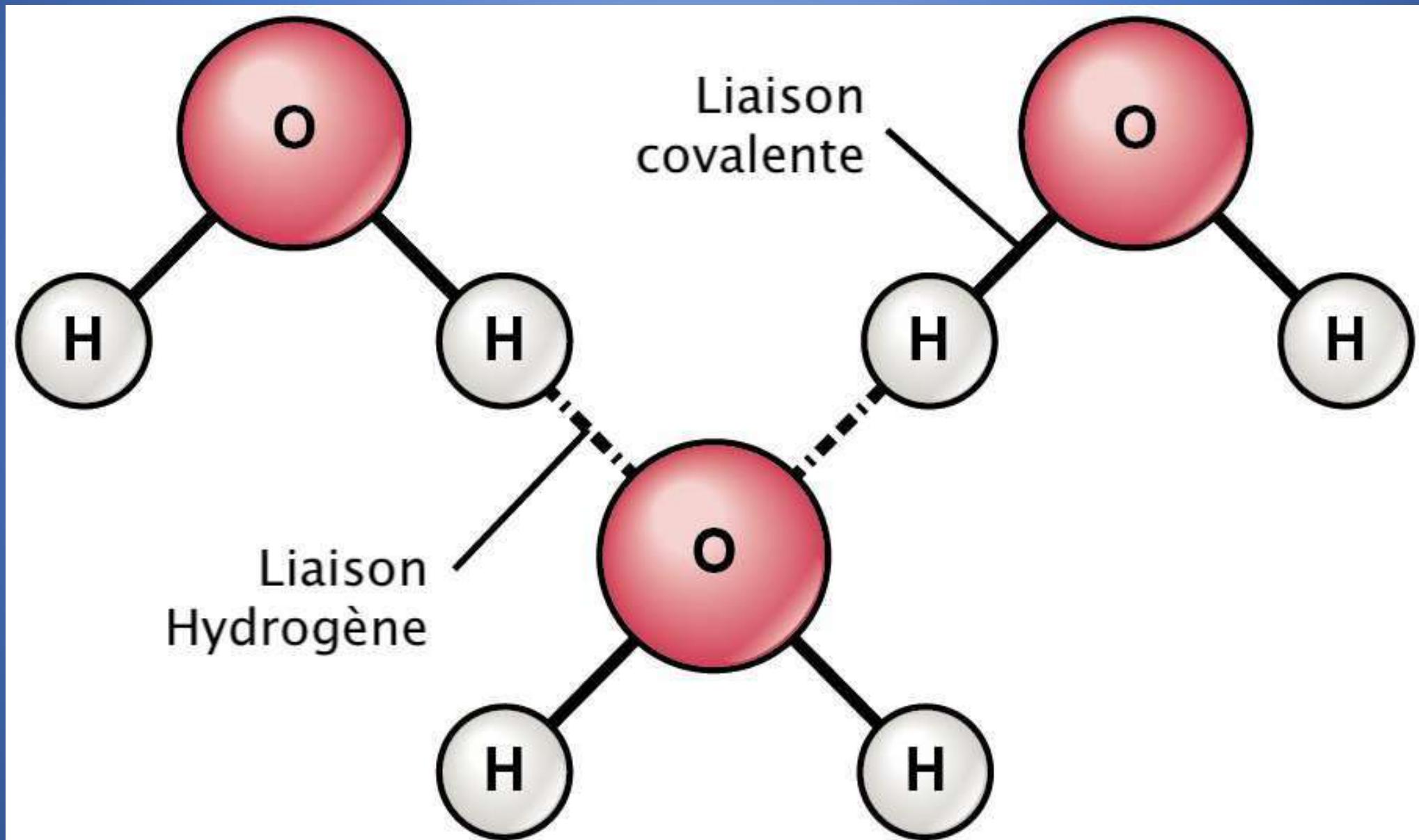


L'oxygène et l'hydrogène réagissent spontanément pour former de l'eau (réaction exothermique). Par contre, la réaction inverse, c'est-à-dire transformer l'eau en hydrogène et en oxygène requiert une certaine quantité de chaleur (réaction endothermique).

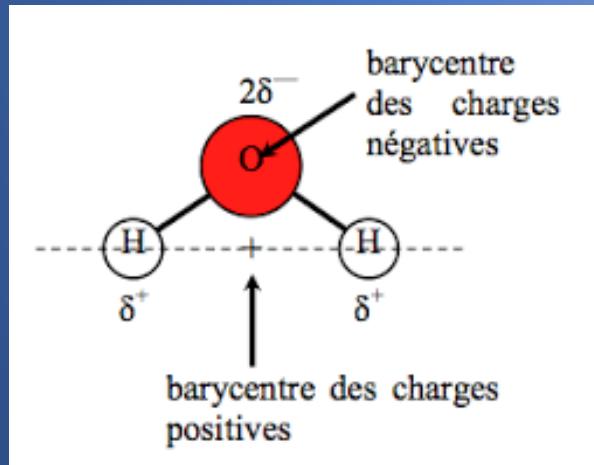
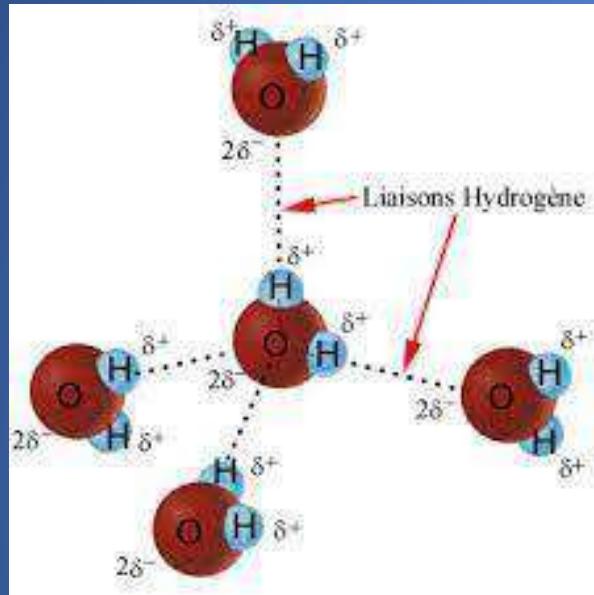
# La liaison hydrogène



# La liaison hydrogène



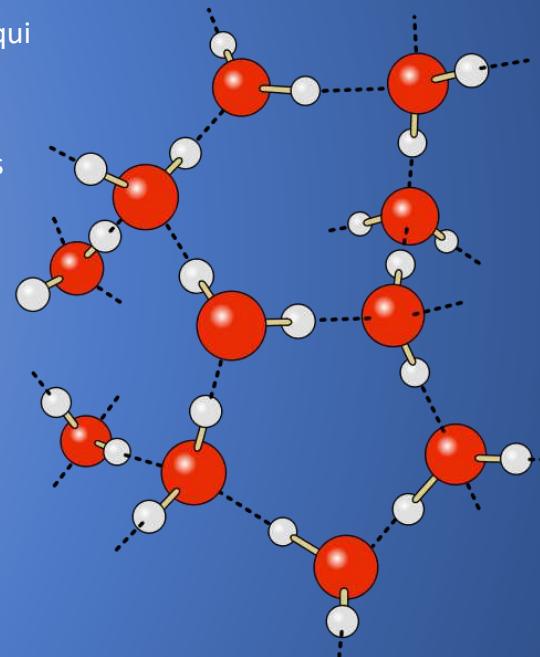
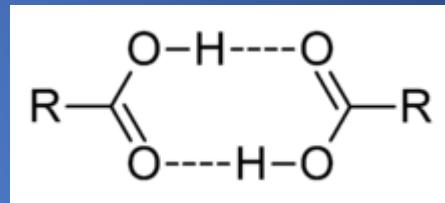
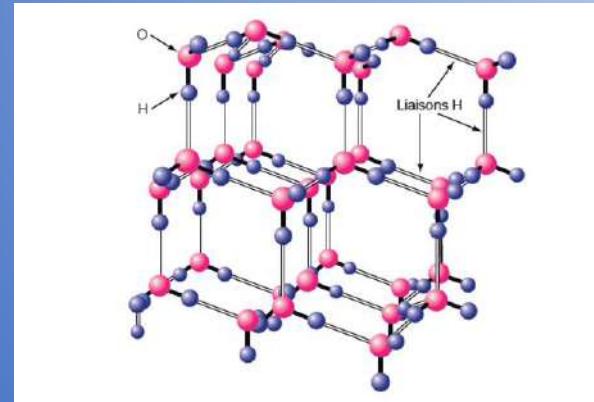
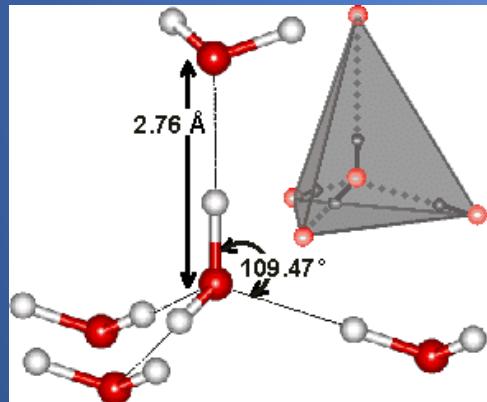
# La liaison hydrogène



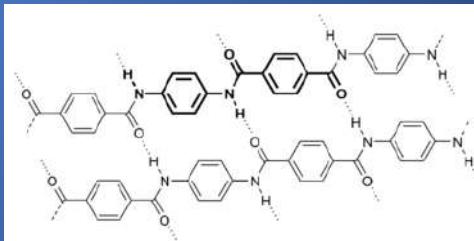
- La liaison est due à la polarité des différents atomes. L'atome d'oxygène étant plus électronégatif alors que les deux atomes d'hydrogène , celui-ci attirera plus les électrons engagés dans les liaisons covalentes vers lui que les atomes d'hydrogène à ses côtés. Ceci fait que l'atome d'oxygène possèdera alors deux charges négatives partielles, alors que chaque atome d'hydrogène possèdera une charge partielle positive. La molécule est alors polarisée à cause de cette différence de charge, car les barycentres de ses charges partielles ne sont pas confondus (auquel cas elle serait apolaire).
- Ce phénomène fait que les pôles positifs (les atomes d'hydrogène) sont attirés par des entités de charge négative (anion, pôle négatif, etc.), et le pôle négatif (l'oxygène) sera attiré par des entités de charge positive (cation, pôle positif d'une autre molécule polarisée, etc.). La molécule d'eau peut donc former quatre liaisons hydrogène qui lui fournissent nombre de ses propriétés particulières.
- Les liaisons hydrogène existent donc à cause des différences d'électronégativité entre les différents atomes qui constituent les molécules.

# Conséquences de la liaison hydrogène

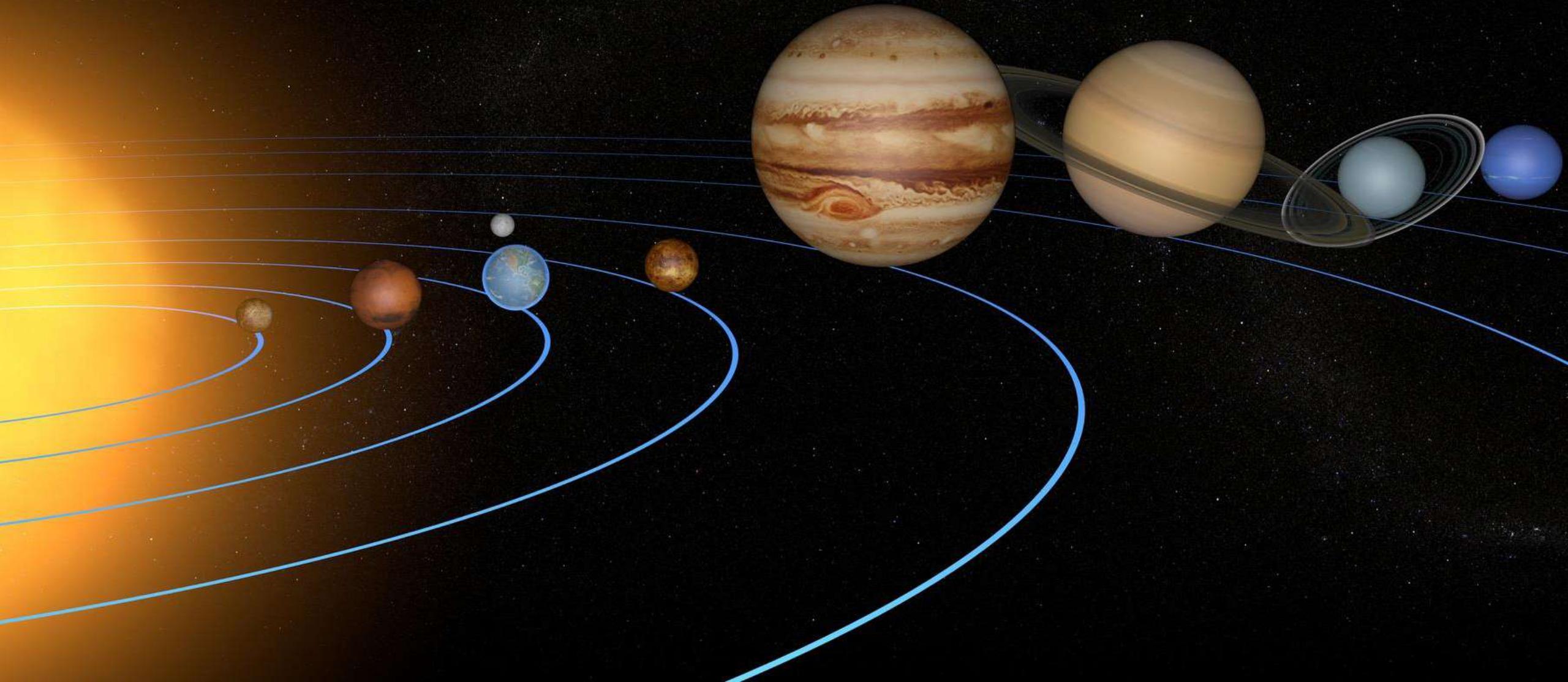
- La liaison hydrogène s'établit alors entre toutes les molécules présentant les caractéristiques précédemment évoquées ; on considère par exemple le cas d'un acide carboxylique ( $\text{R}-\text{COOH}$ ).
- Liaison hydrogène entre des molécules d'acides. Le modèle de ce dimère a été étudié quantiquement par Y. Maréchal et A. Witkowski pour rendre compte du spectre infrarouge de la vibration nu( $\text{O-H}$ )<sup>2</sup>. On remarque que toutes les molécules sont liées entre elles au niveau de la fonction alcool. Le radical alkyl « R » aura alors une influence non négligeable sur la force de cette liaison. En effet, la longueur de la chaîne et sa composition vont polariser de façon plus ou moins marquée la liaison entre l'hydrogène et l'oxygène. Si la liaison Hydrogène est affaiblie, la cohésion inter-moléculaire le sera également et la température d'ébullition de la substance en question sera plus faible. Autrement dit, il faudra moins d'énergie (par le biais de la chaleur) pour séparer les molécules les unes des autres.
- Au contraire, pour l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), l'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ <sub>aqueux</sub>) ou le fluorure d'hydrogène (HF), la liaison X-H est tellement polarisée que les liaisons H qui s'établissent confèrent aux substances des points d'ébullition anormalement élevés.
- Une autre illustration peut être celle de l'*eau solide* (glace). En effet, la molécule d'eau est l'exemple typique de la liaison H. Les liaisons H s'établissent, de sorte que l'état liquide de l'eau est l'état le plus compact, tandis que pour la plupart des autres corps purs c'est l'état solide. Dans la glace, l'eau a la même structure tétraédrique (structure rendue possible par ces liaisons) que dans l'eau liquide mais elle prend un volume plus important. C'est pourquoi la glace occupe plus de volume que l'eau, en quantités égales (le glaçon flotte sur l'eau) et c'est aussi pourquoi la glace fond plus vite que l'eau ne devient solide.



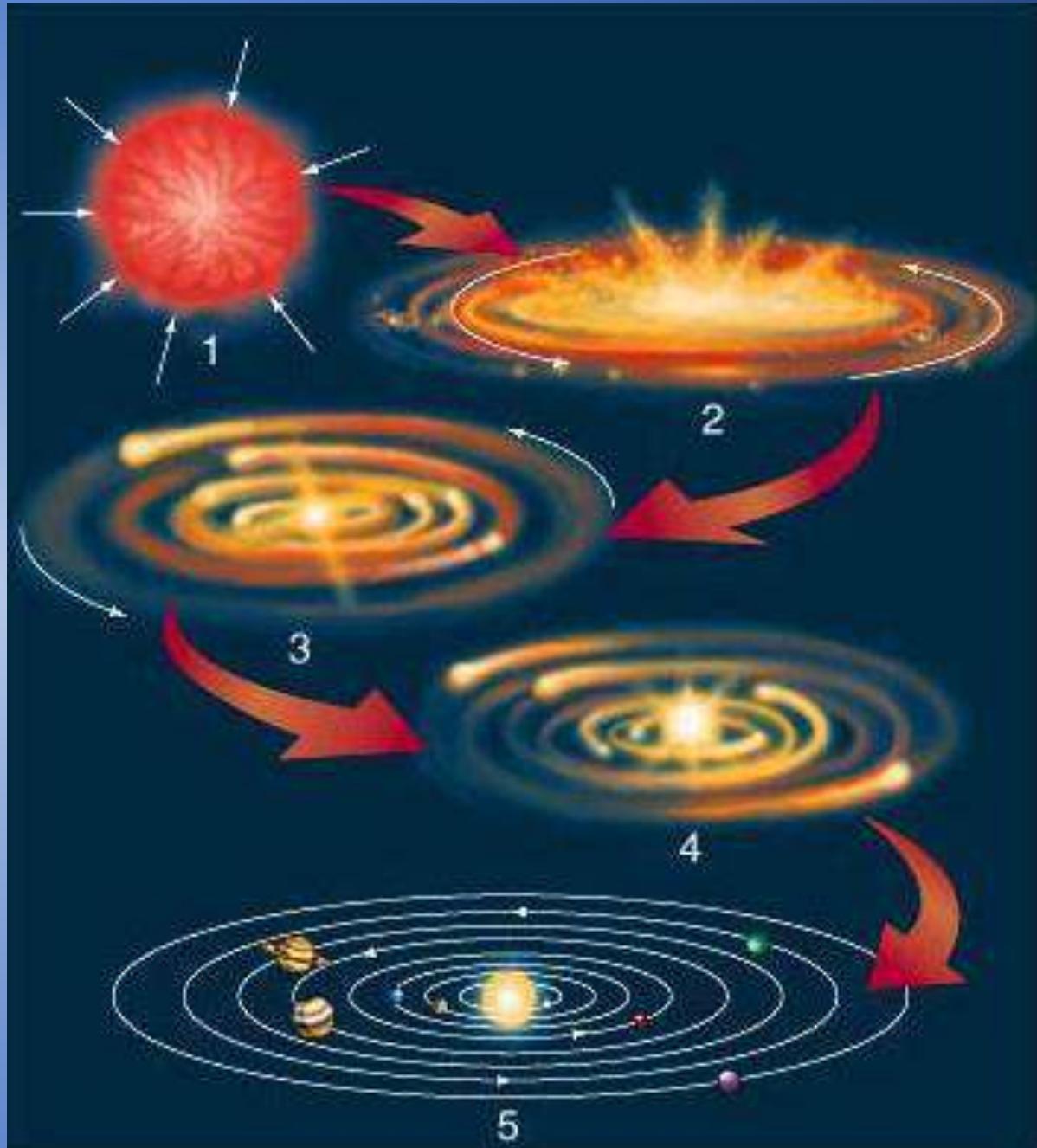
- Liaisons hydrogène entre les molécules polymériques du Kevlar. Enfin — et bien que la liste ne puisse être exhaustive tant le domaine d'application de cette liaison est vaste — on mentionnera le cas des polymères, tels le poly-para-phényle téréphthalamide (plus connu sous le nom de Kevlar). Les chaînes de polymères s'attachent entre elles par des liaisons H lui conférant ainsi ses propriétés si intéressantes de résistance. Pour en savoir plus, voir Kevlar.

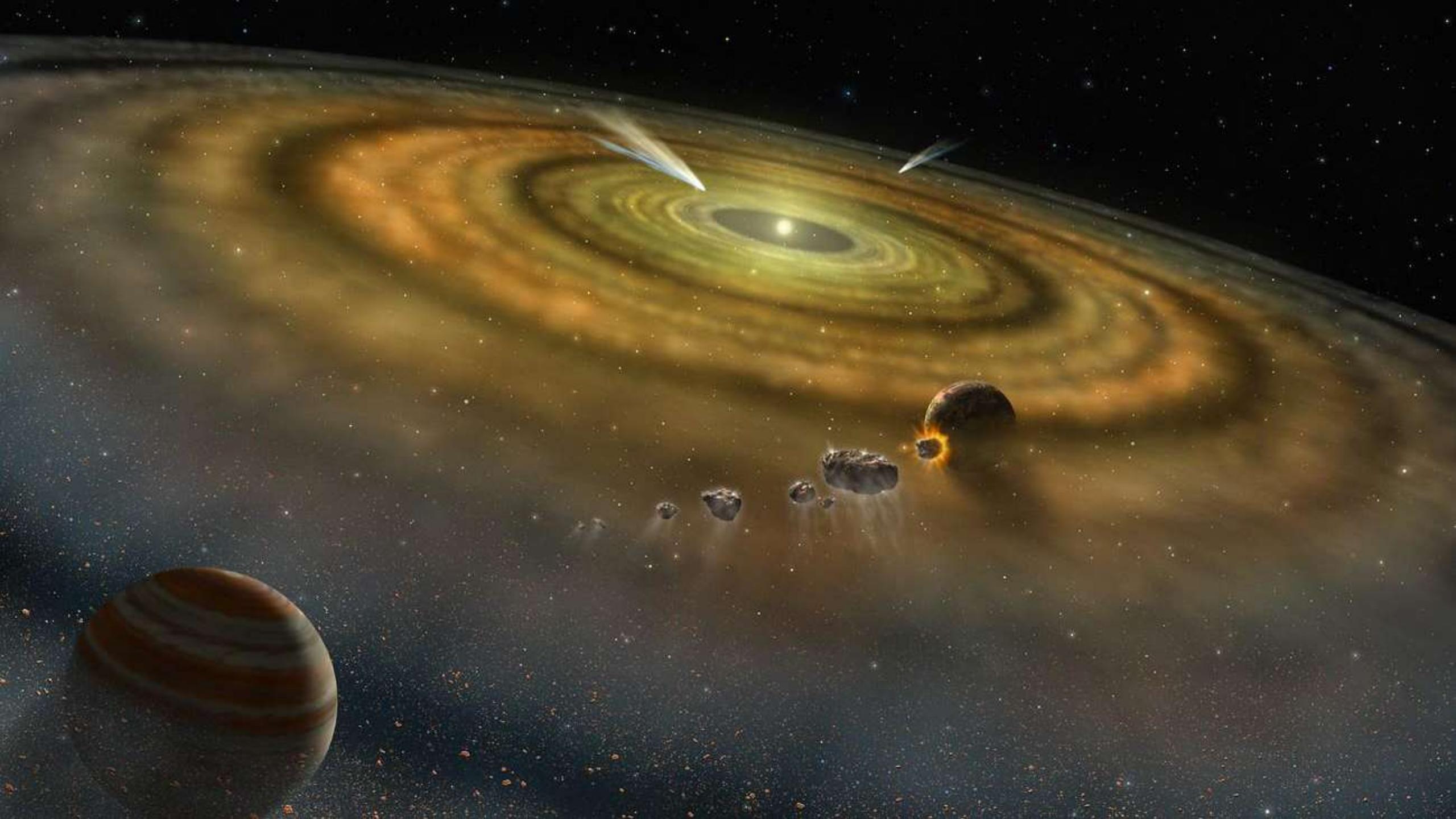


Le soleil et les planètes sont nées il y a 4,6 milliards d'années



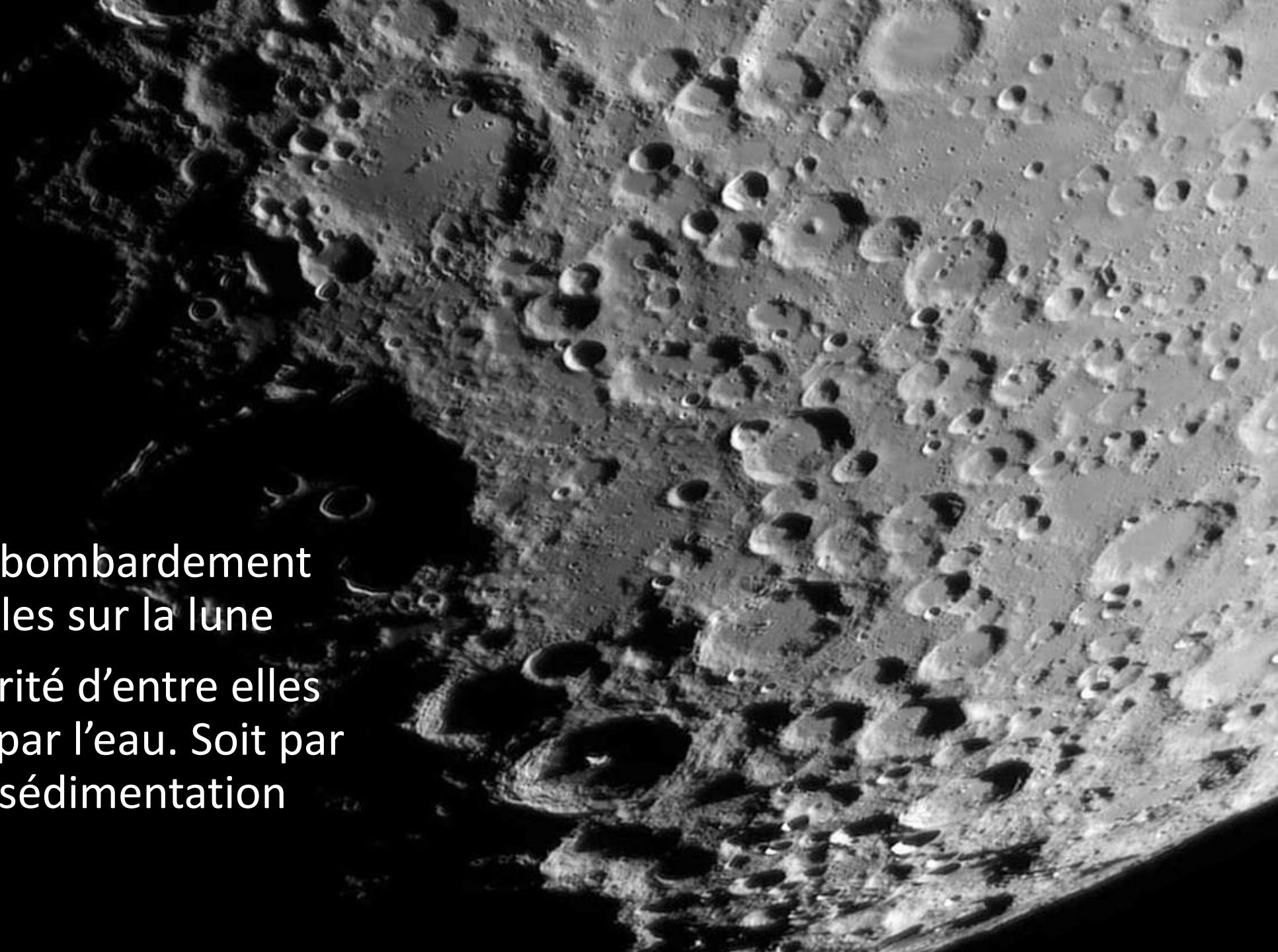
- Une nébuleuse primitive (amas de poussières et de gaz) s'est effondrée sur elle-même et a pris la forme d'un disque
- La contraction de la matière en son centre a porté la température à plus de 10 millions de degrés et déclenché des réactions thermonucléaires, ce qui a formé le soleil
- Les planètes se sont alors formées par agglomération de matériaux du disque

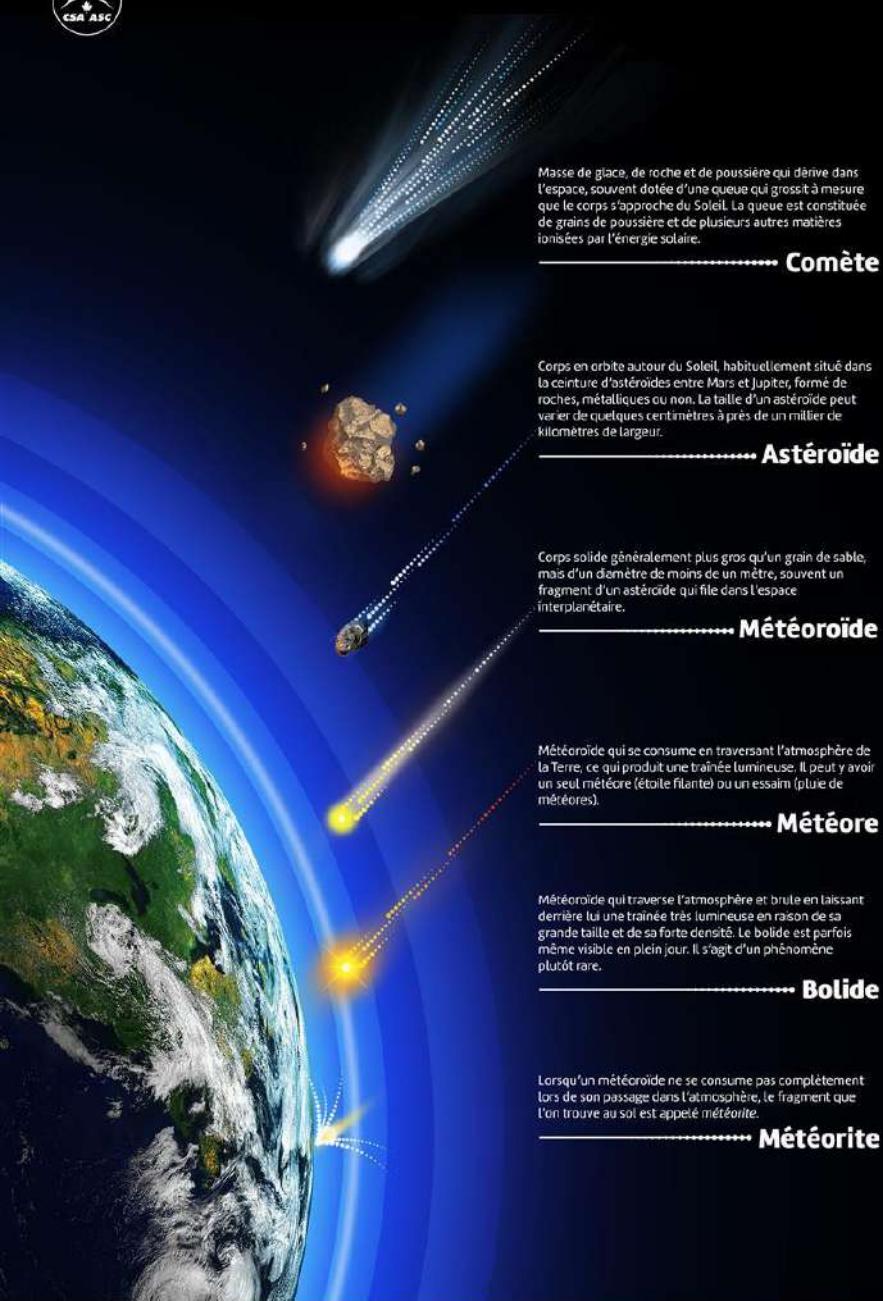




- 
- Ce processus a duré plusieurs centaines de millions d'années
  - Tous les corps du système solaire ont subi un énorme bombardement météoritique dans les premiers 500 millions d'années de leur existence
  - Celui-ci a progressivement diminué mais continue. La terre reçoit encore près de 500 tonnes de météorites par jour

- Des traces de ce bombardement sont encore visibles sur la lune
- Sur terre la majorité d'entre elles ont été effacées par l'eau. Soit par érosion, soit par sédimentation





Canada

# Astéroïde : la fréquence des collisions selon le diamètre

- **10 centimètres à 10 mètres :**  
environ 200 collisions par an

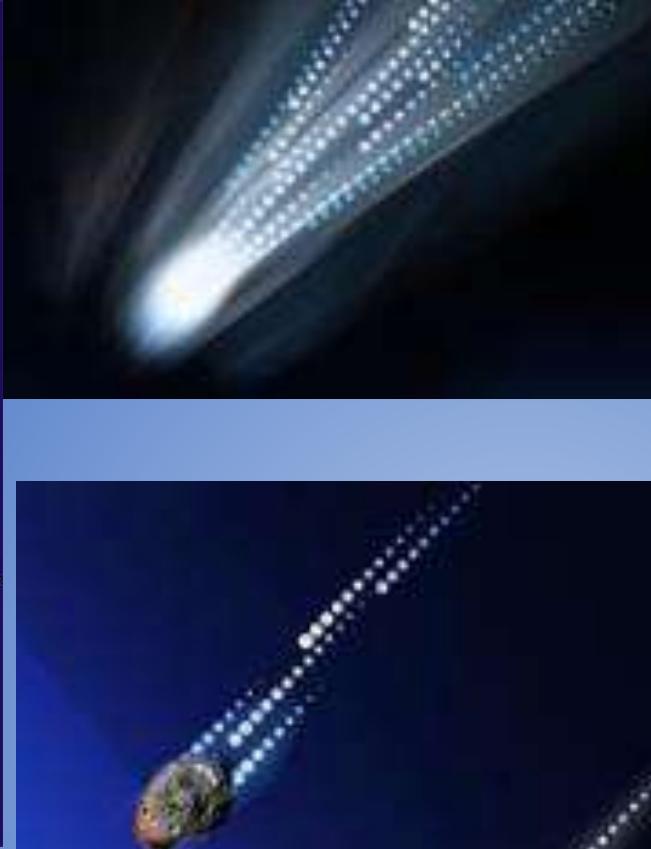
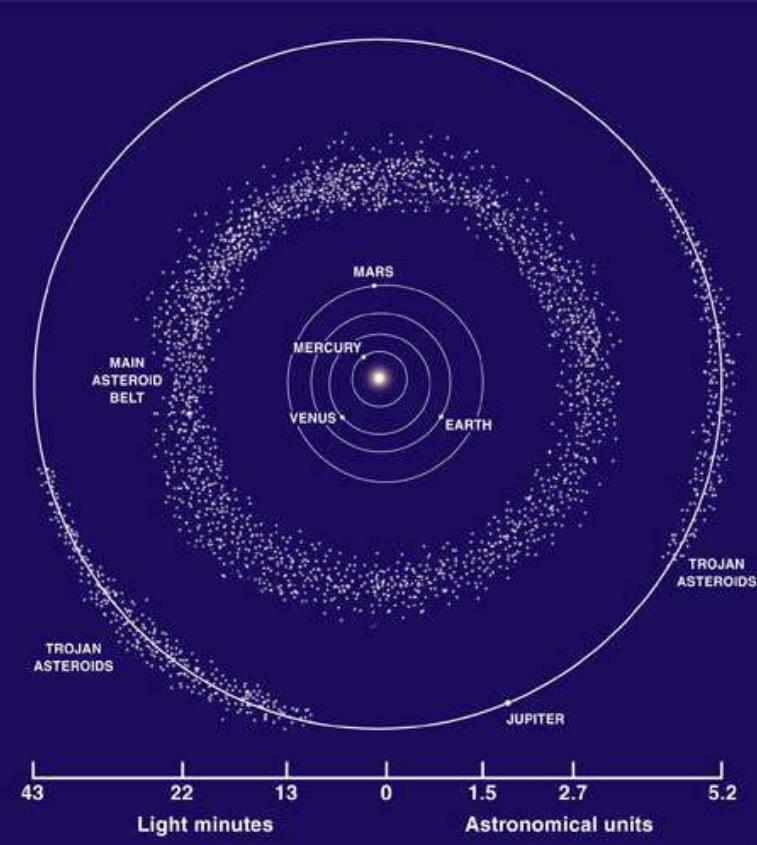
- **50 mètres :**  
1 ou 2 collisions pour 100 ans

- **100 mètres :**  
tous les 1 000 ans  
en moyenne

- **1 000 mètres :**  
tous les  
300 000 ans  
environ

**Astéroïde ou comète de 10 000 mètres :**  
une fois tous les 100 millions d'années





Masse de glace, de roche et de poussière qui dérive dans l'espace, souvent dotée d'une queue qui grossit à mesure que le corps s'approche du Soleil. La queue est constituée de grains de poussière et de plusieurs autres matières ionisées par l'énergie solaire.

## Comète

Corps solide généralement plus gros qu'un grain de sable, mais d'un diamètre de moins de un mètre, souvent un fragment d'un astéroïde qui file dans l'espace interplanétaire.

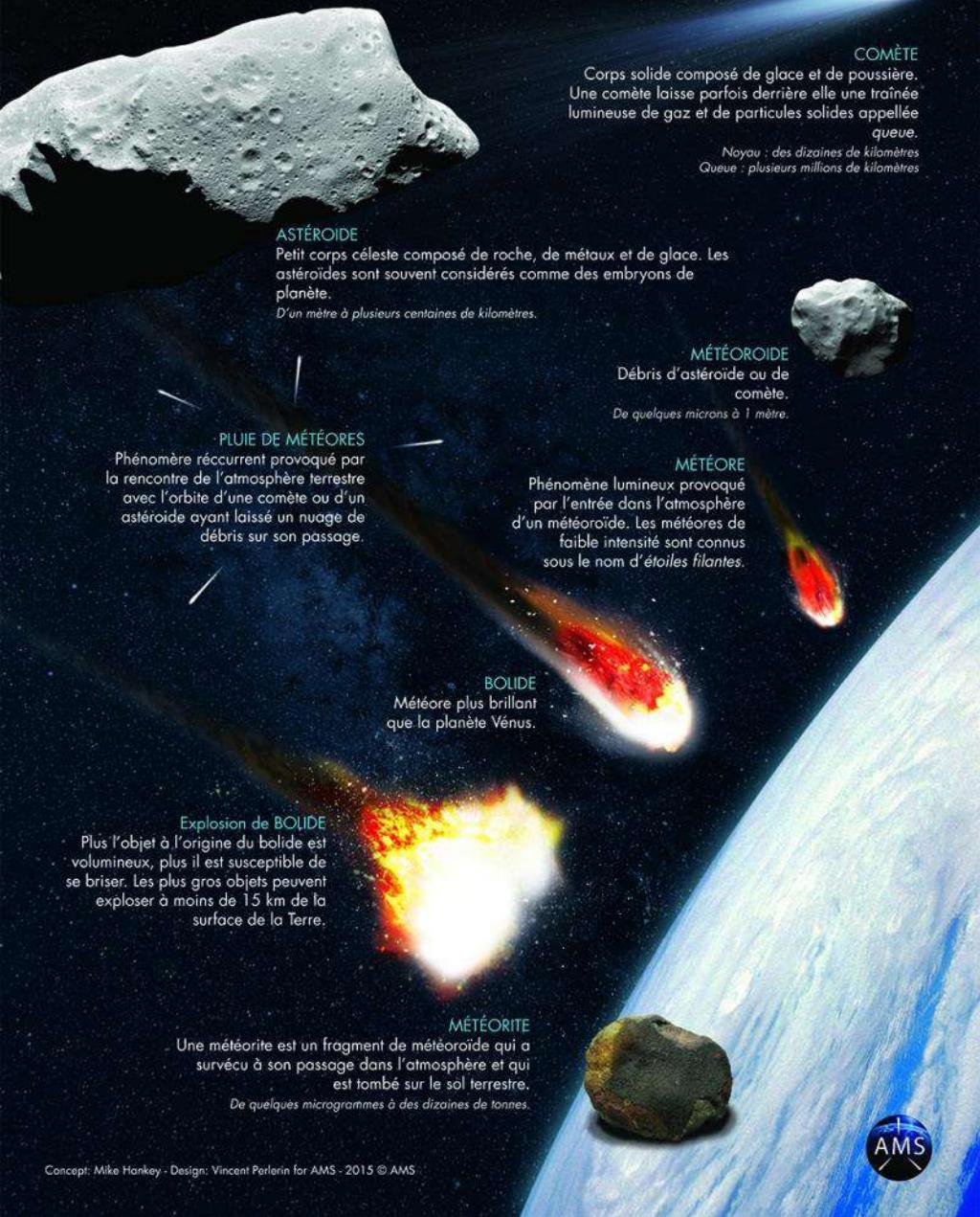
## Météoroïde

Météoroïde qui se consume en traversant l'atmosphère de la Terre, ce qui produit une traînée lumineuse. Il peut y avoir un seul météore (étoile filante) ou un essaim (pluie de météores).

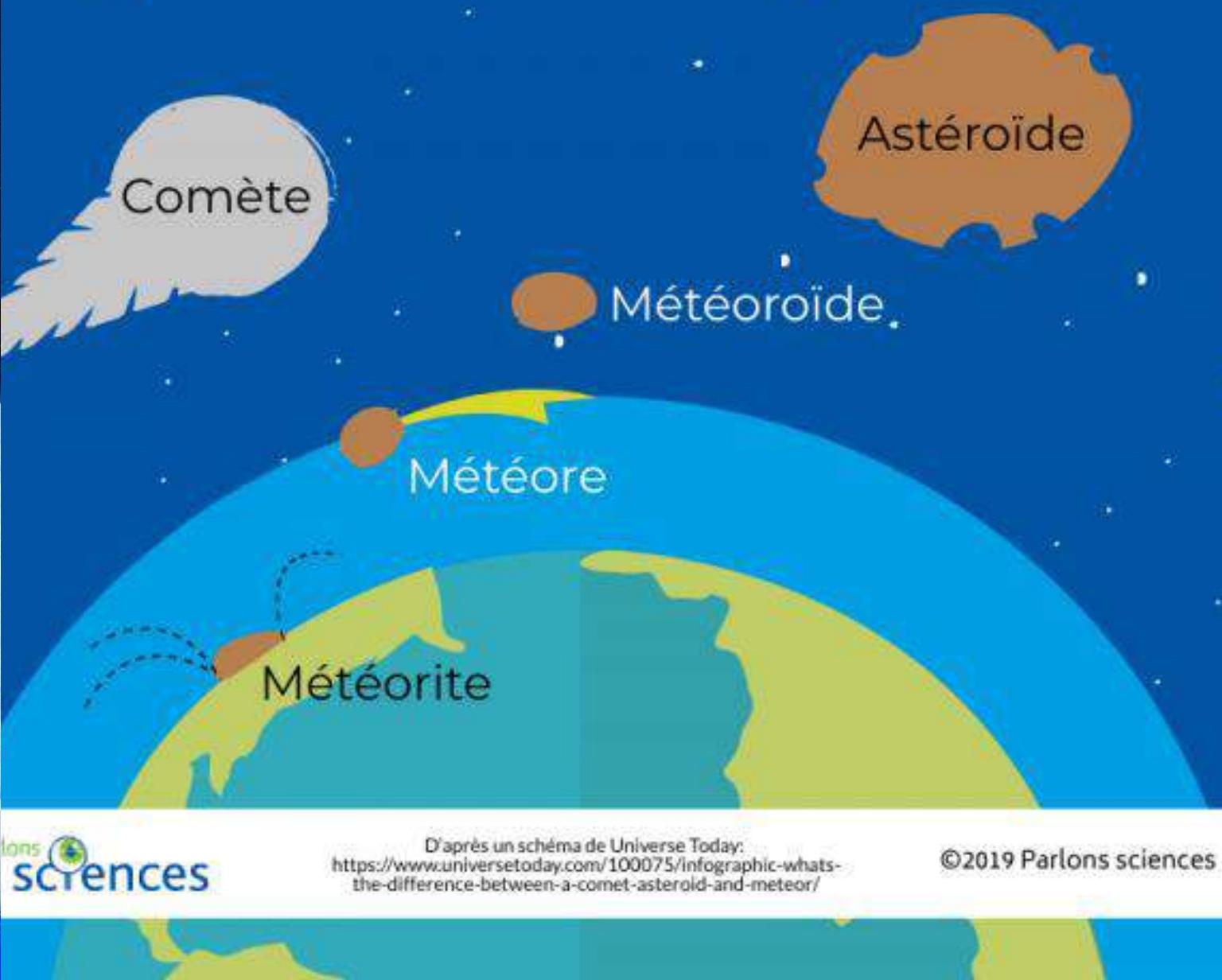
## Météore

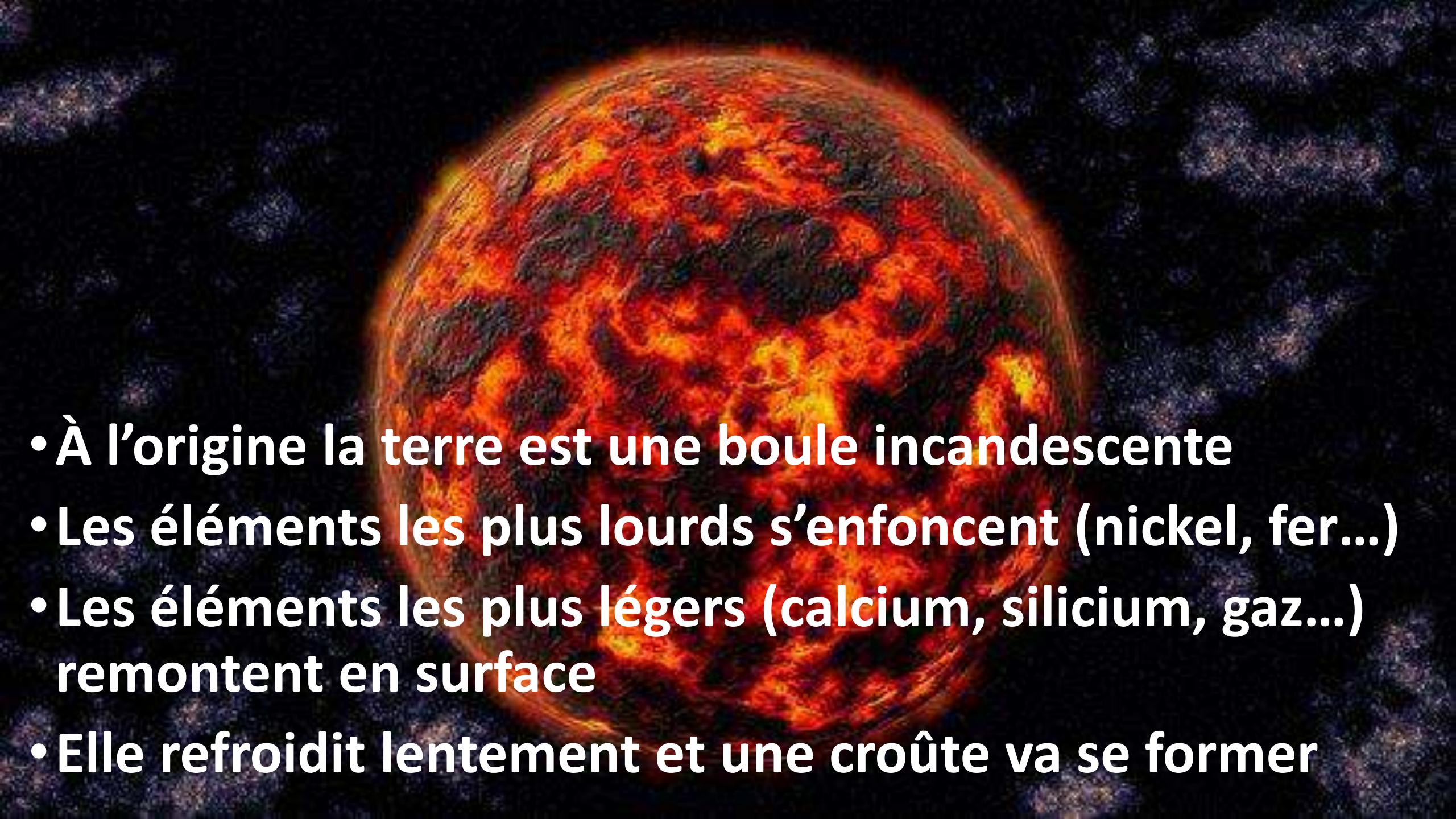
# MÉTÉORES ET MÉTÉORITES

AMERICAN METEOR SOCIETY - WWW.AMSMETEORS.ORG



# Types de roches spatiaux

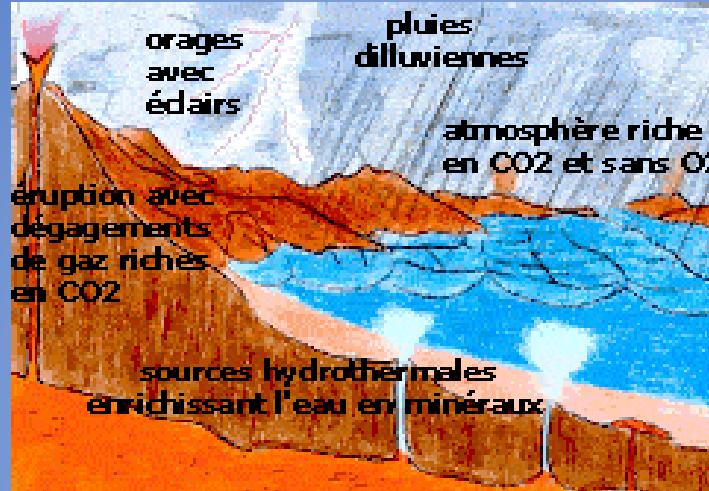
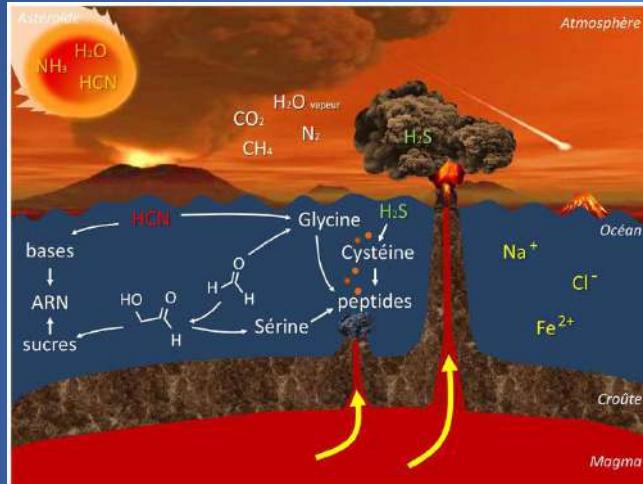


- 
- À l'origine la terre est une boule incandescente
  - Les éléments les plus lourds s'enfoncent (nickel, fer...)
  - Les éléments les plus légers (calcium, silicium, gaz...) remontent en surface
  - Elle refroidit lentement et une croûte va se former

- Les volcans vont servir de soupape dans cette croûte entrain de se former  
(il y a 4 milliards d'années pendant une centaine de millions d'années)
- Ils crachent des gaz (dioxyde de carbone, azote, chlore, soufre ...) et beaucoup de vapeur d'eau
- Cette vapeur d'eau cumulée aux autres gaz vont permettre l'établissement d'un effet de serre qui va également influencer les températures de la planète
- Dès que la température et la pression le permettront, l'eau va se condenser et des pluies diluviales vont s'abattre sur la terre

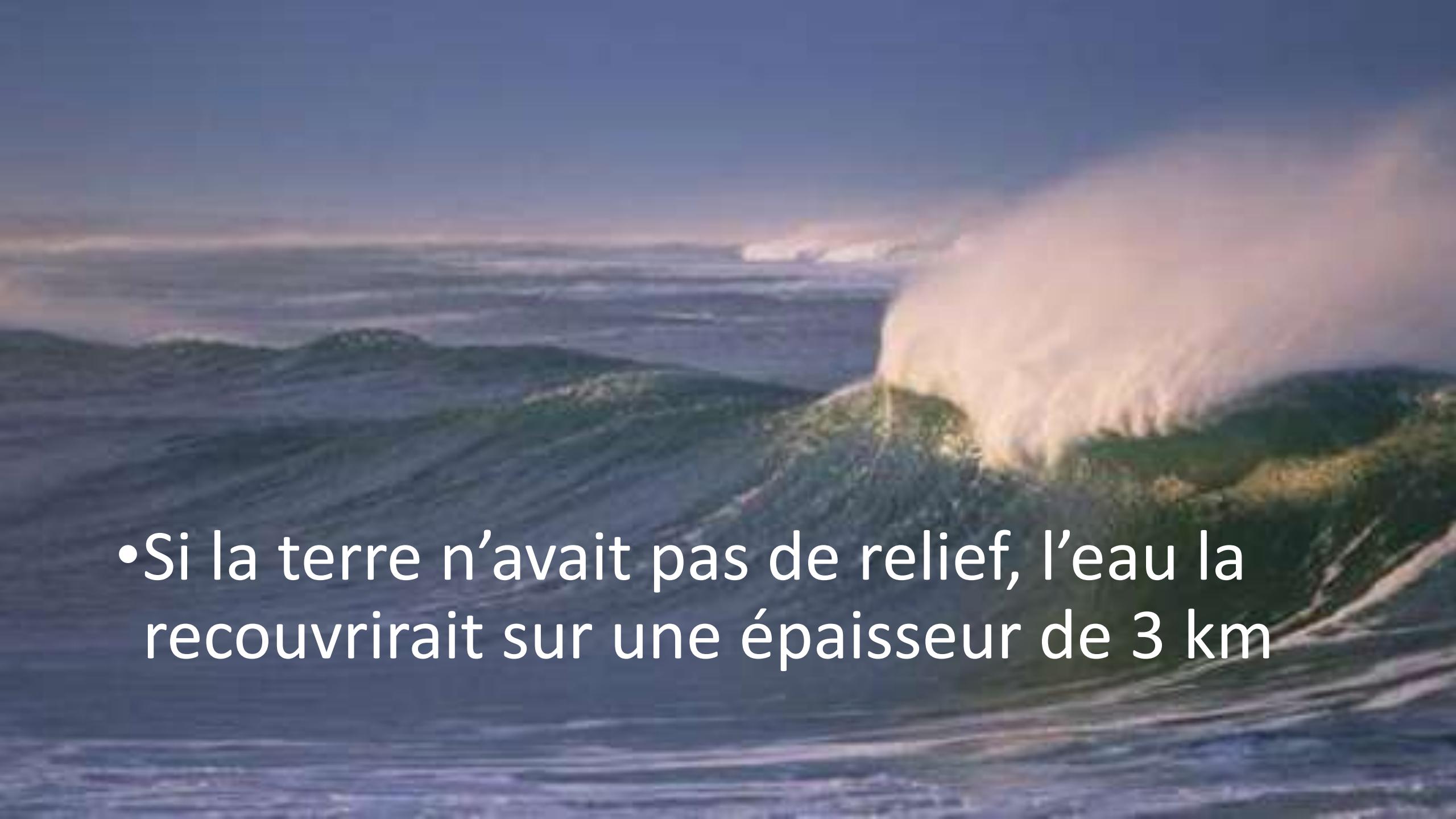


- L'eau provenant des pluies torrentielles s'accumule dans les zones basses pour former les premiers océans



- Ces eaux au départ très acides ont attaqué les roches de la nouvelle croûte terrestre et ont dissous différents minéraux, créant notamment, à partir des ions sodium et chlorure déjà présents dans l'océan, le chlorure de sodium (sel de table), qui est le principal sel dissous dans les mers et les océans



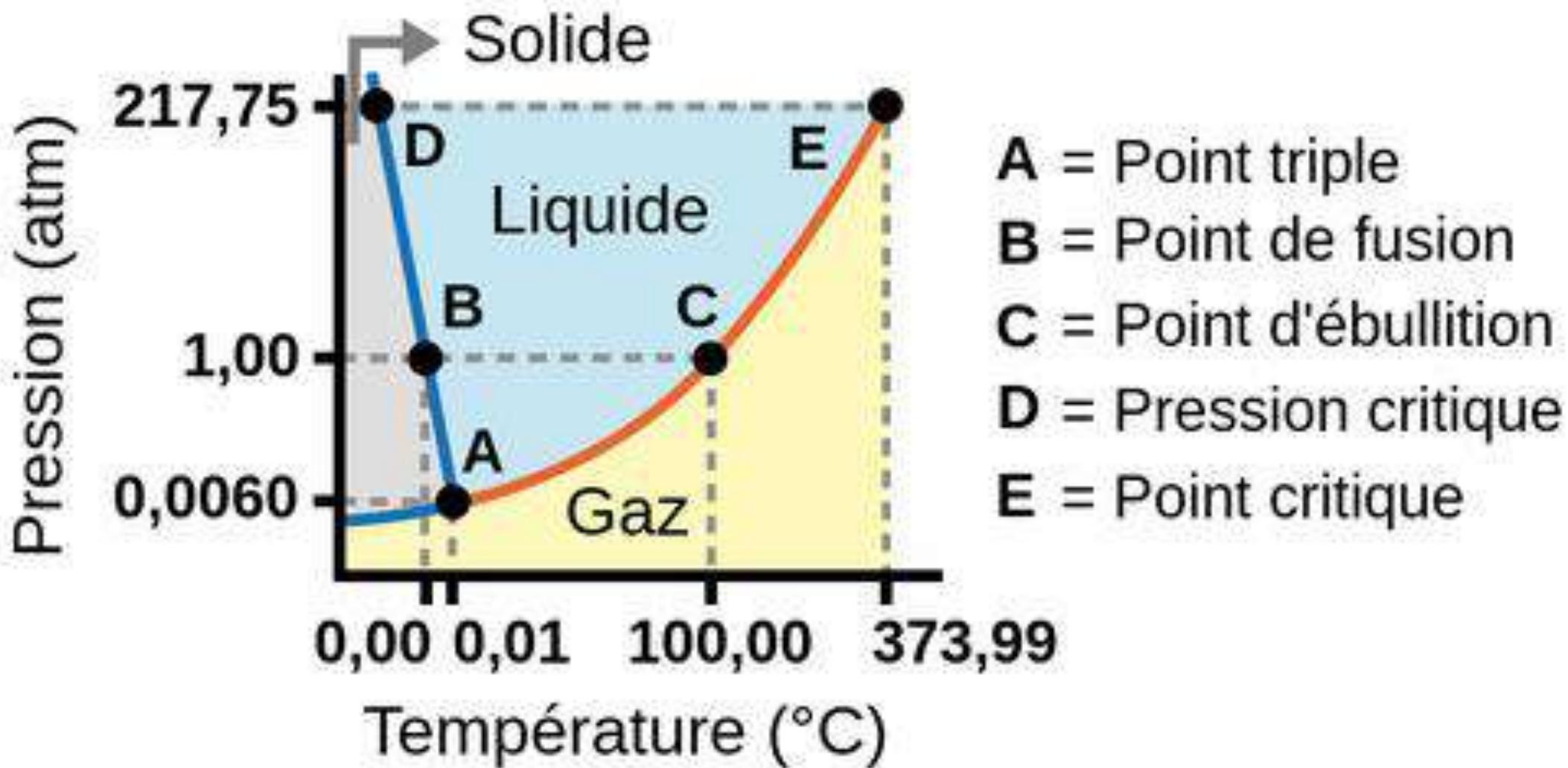
- 
- Si la terre n'avait pas de relief, l'eau la recouvrirait sur une épaisseur de 3 km

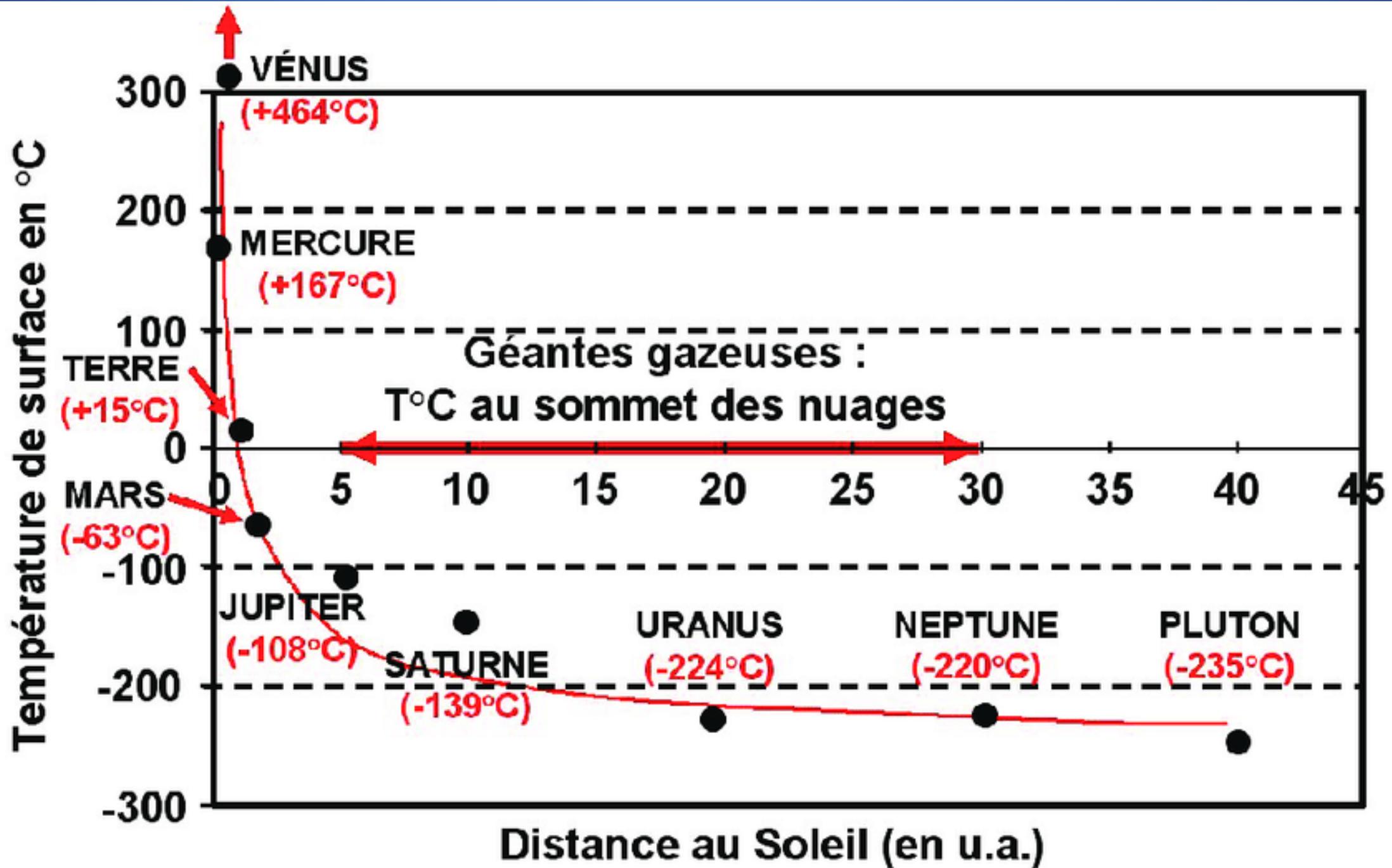
- Si la terre était plus proche du soleil, l'eau n'y existerait que sous forme de gaz
- Si la terre était plus éloignée du soleil, l'eau n'y existerait que sous forme de glace



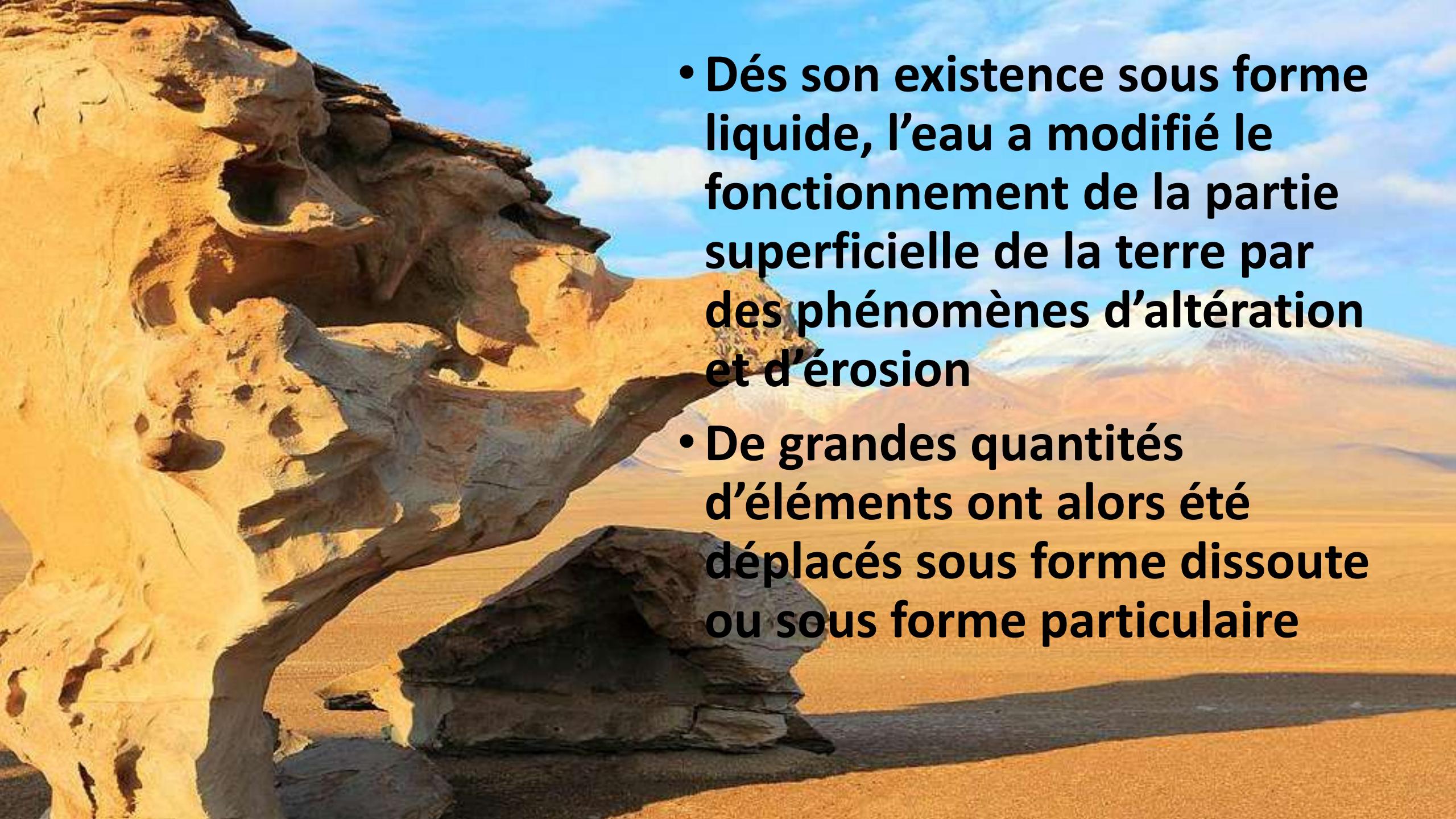
- Si la terre était plus grosse, sa gravité augmenterait fortement la pression atmosphérique à sa surface. Elle attirerait plus fortement toutes les molécules, il n'y aurait pas de gaz, pas d'atmosphère
- Si la terre était plus petite, la gravité n'attirerait pas suffisamment les gaz, qui s'échapperaient dans l'espace, il n'y aurait pas d'atmosphère

# Schéma des phases de l'eau





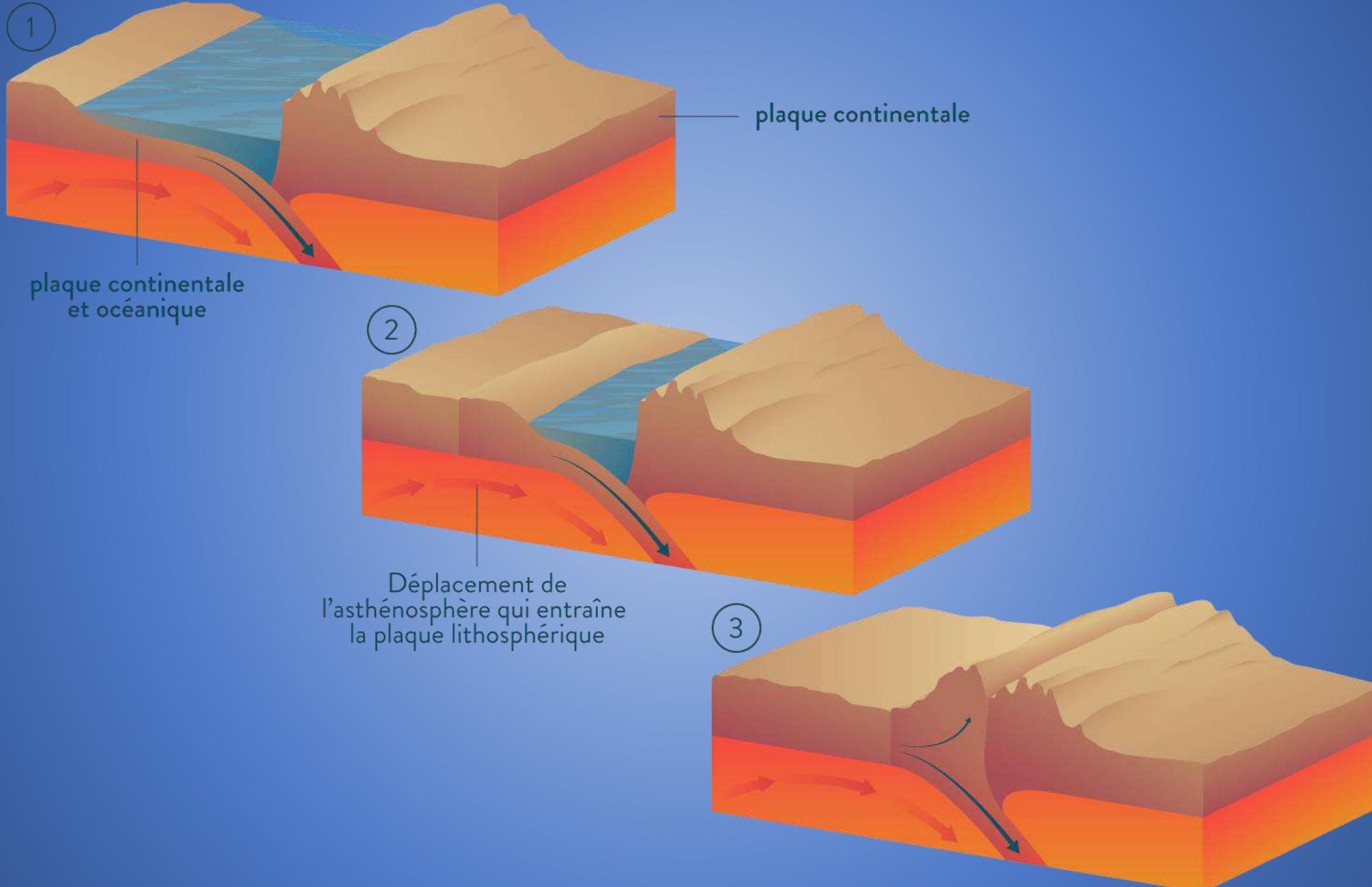
- L'eau sur terre a été apportée dans les océans par les **planétésimaux** durant les phases finales d'accrétion et plus tard par d'autres astéroïdes
- Par le **volcanisme**
- Par les **météorites**
- D'après nos connaissances actuelles, assez peu par les comètes

- 
- Dès son existence sous forme liquide, l'eau a modifié le fonctionnement de la partie superficielle de la terre par des phénomènes d'altération et d'érosion
  - De grandes quantités d'éléments ont alors été déplacés sous forme dissoute ou sous forme particulaire





# Mouvement des plaques tectoniques : la collision



# L'eau se mélange aux roches

## Métamorphisme, densité, subduction et magmatisme :

### Métamorphisme :

Métagabbro à chlorite      Métagabbro à glaucophane + jadéite      Eclogite à grenat  
Gabbro et actinote/hornblende      et jadéite

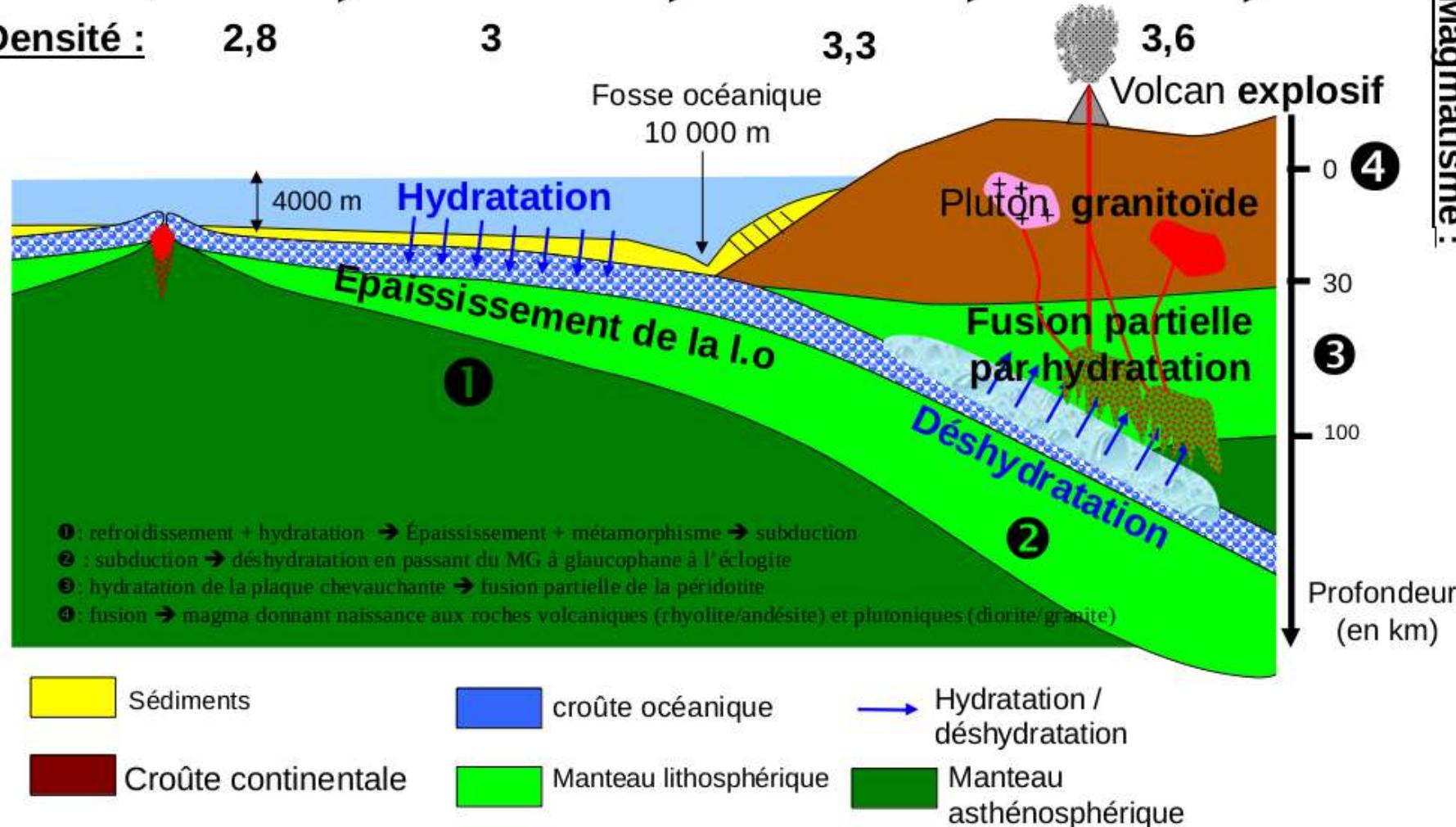
### Densité :

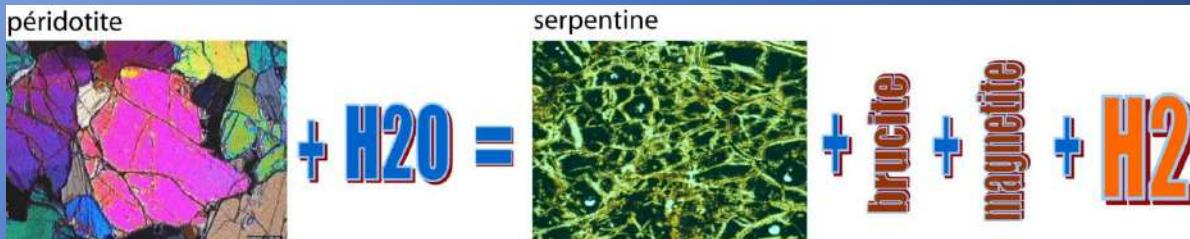
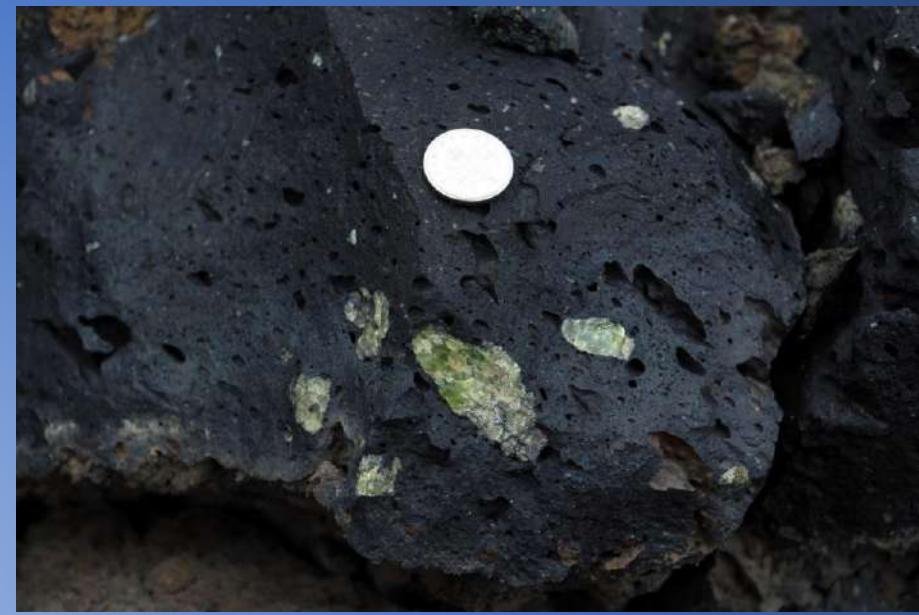
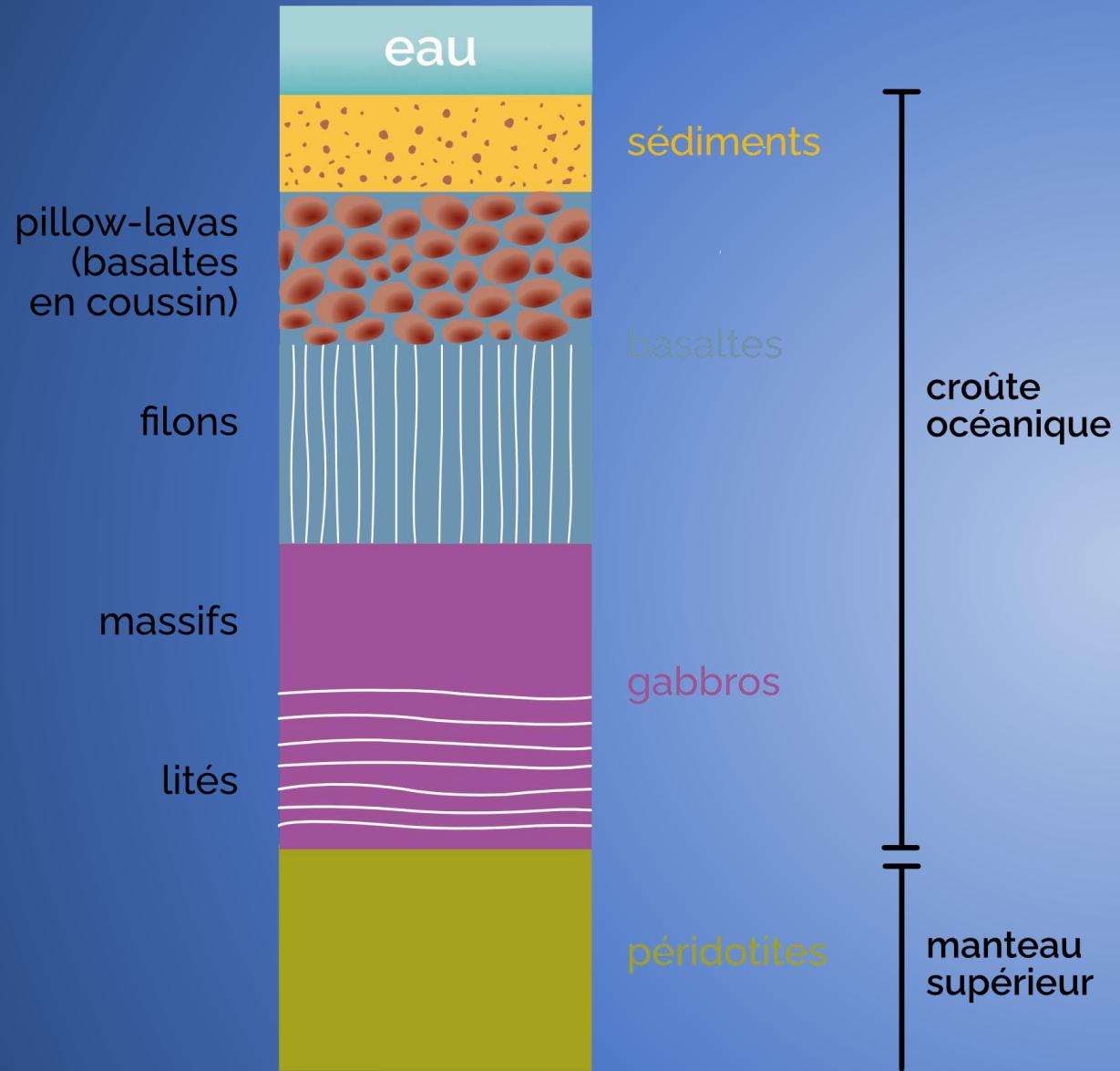
2,8

3

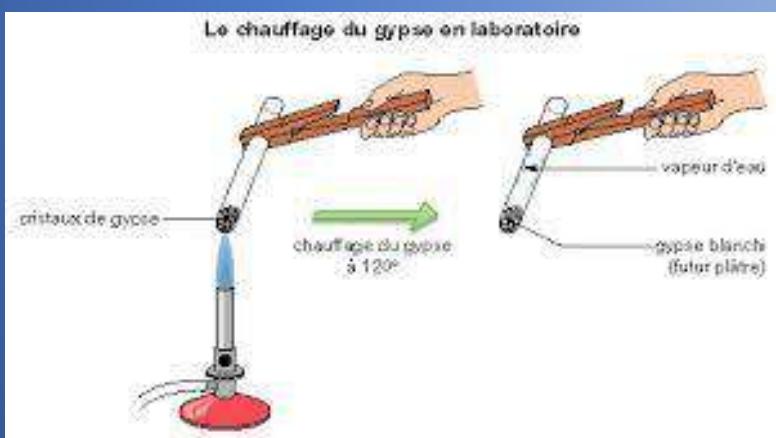
3,3

3,6



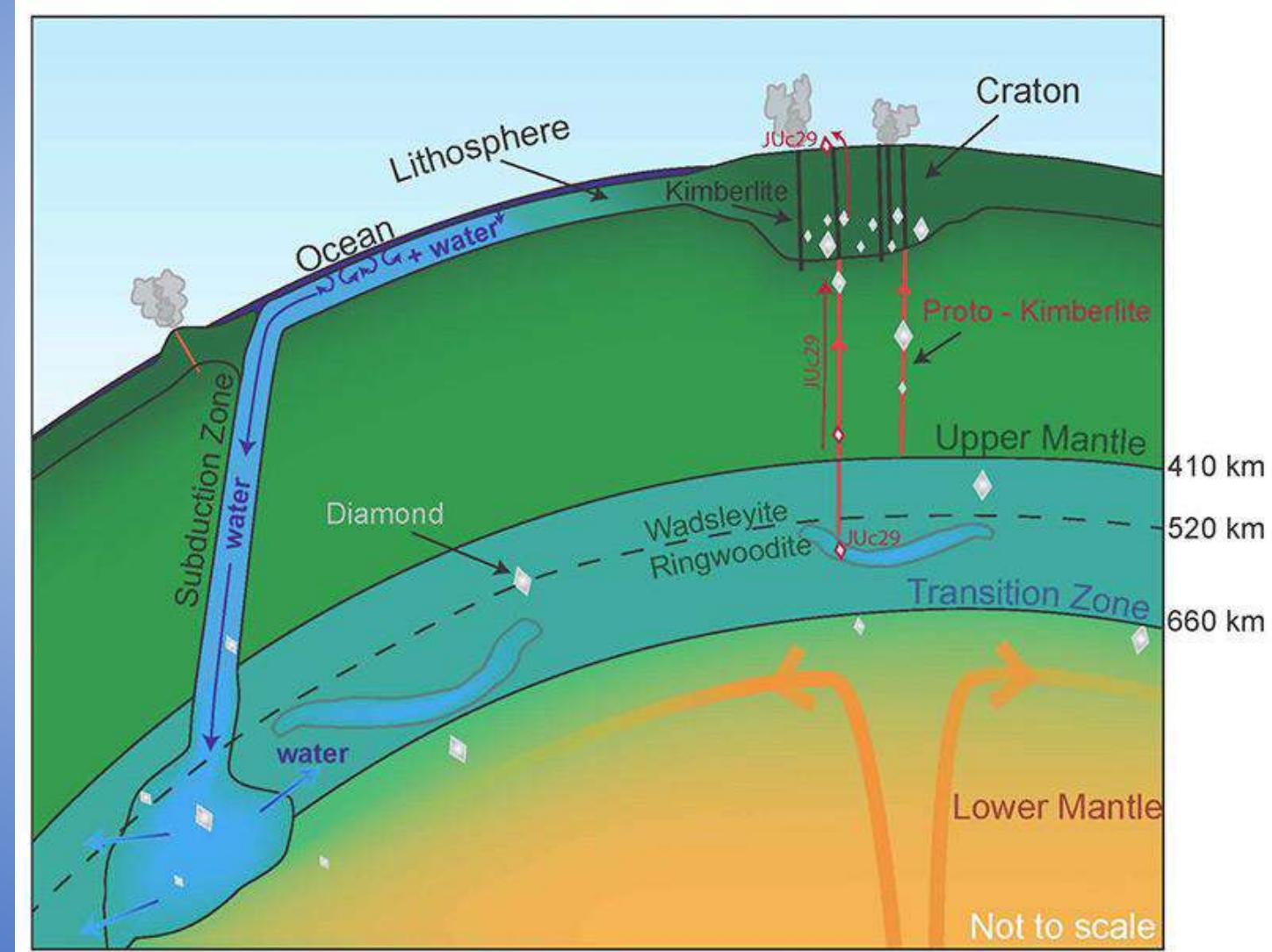


- L'eau est si intimement associée aux minéraux qu'on a parfois du mal à soupçonner sa présence

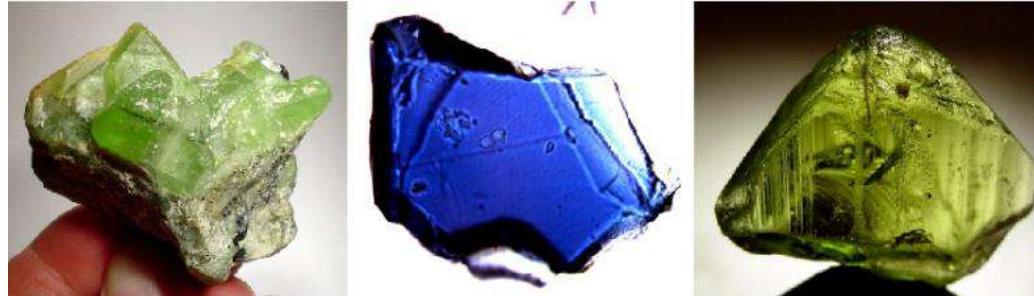
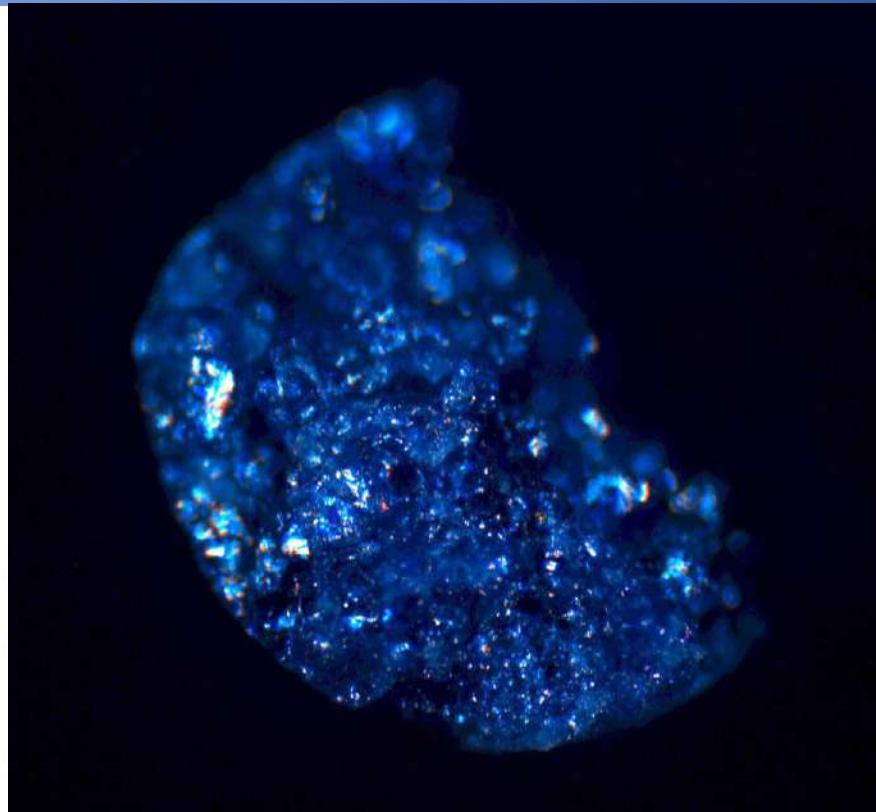
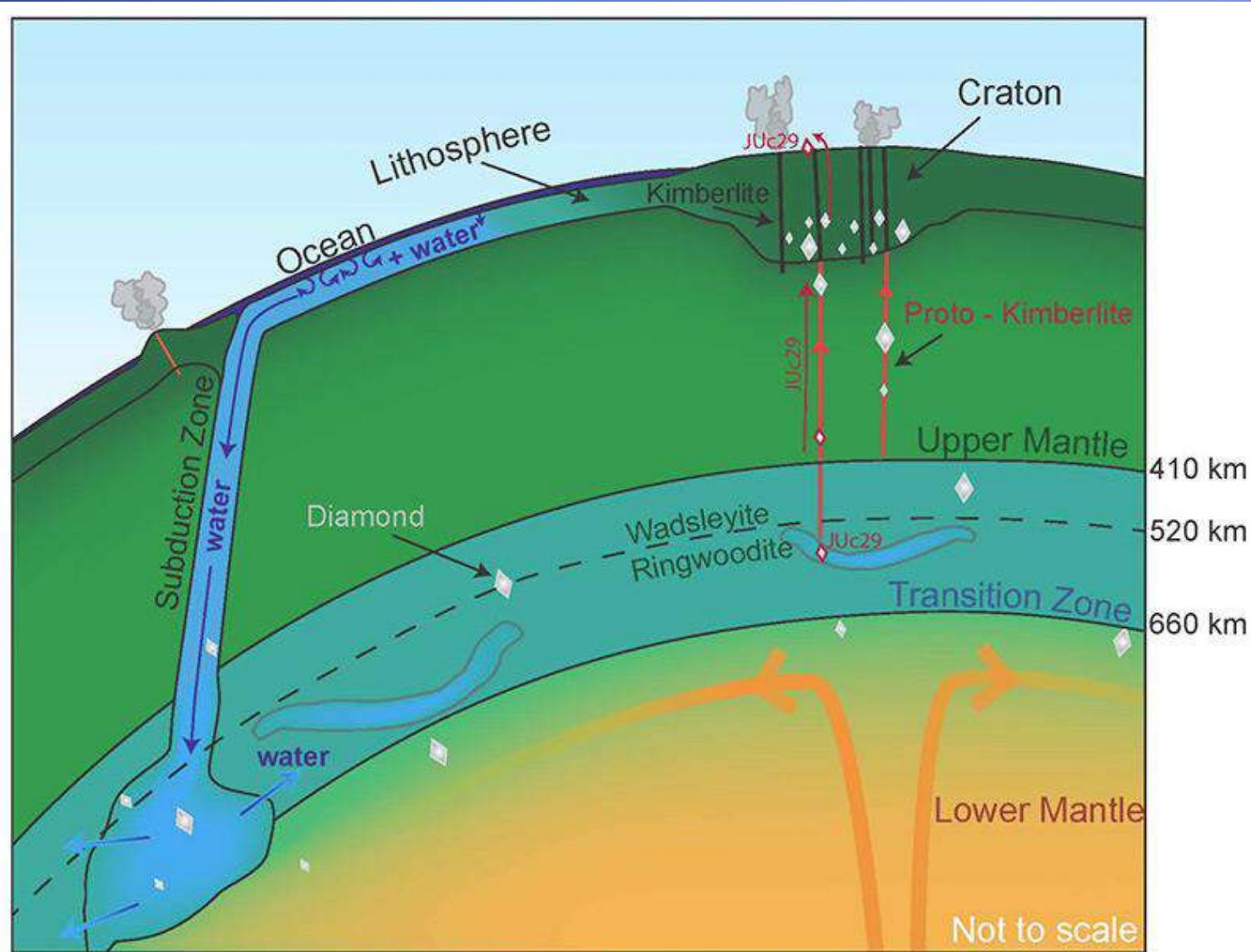


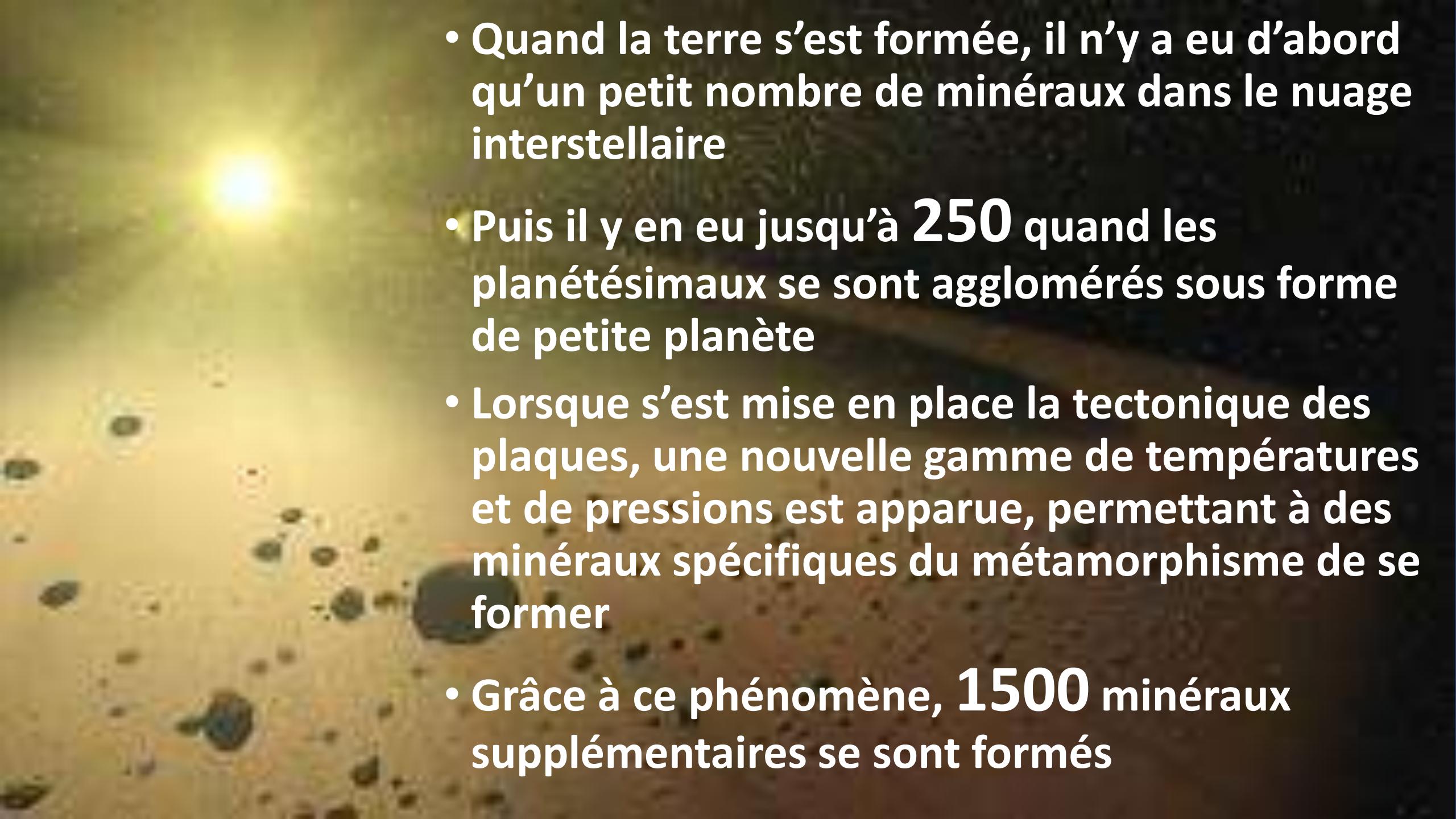
# L'eau existe sous plusieurs formes sur la planète Terre

- Solide
- Liquide
- Gazeuse
- Combinée dans les roches
- Plusieurs minéraux sont capables de se combiner avec de l'eau. Rien que dans le manteau terrestre, si l'on compte le volume d'eau combiné avec des minéraux on obtient 3 fois le volume d'eau des océans



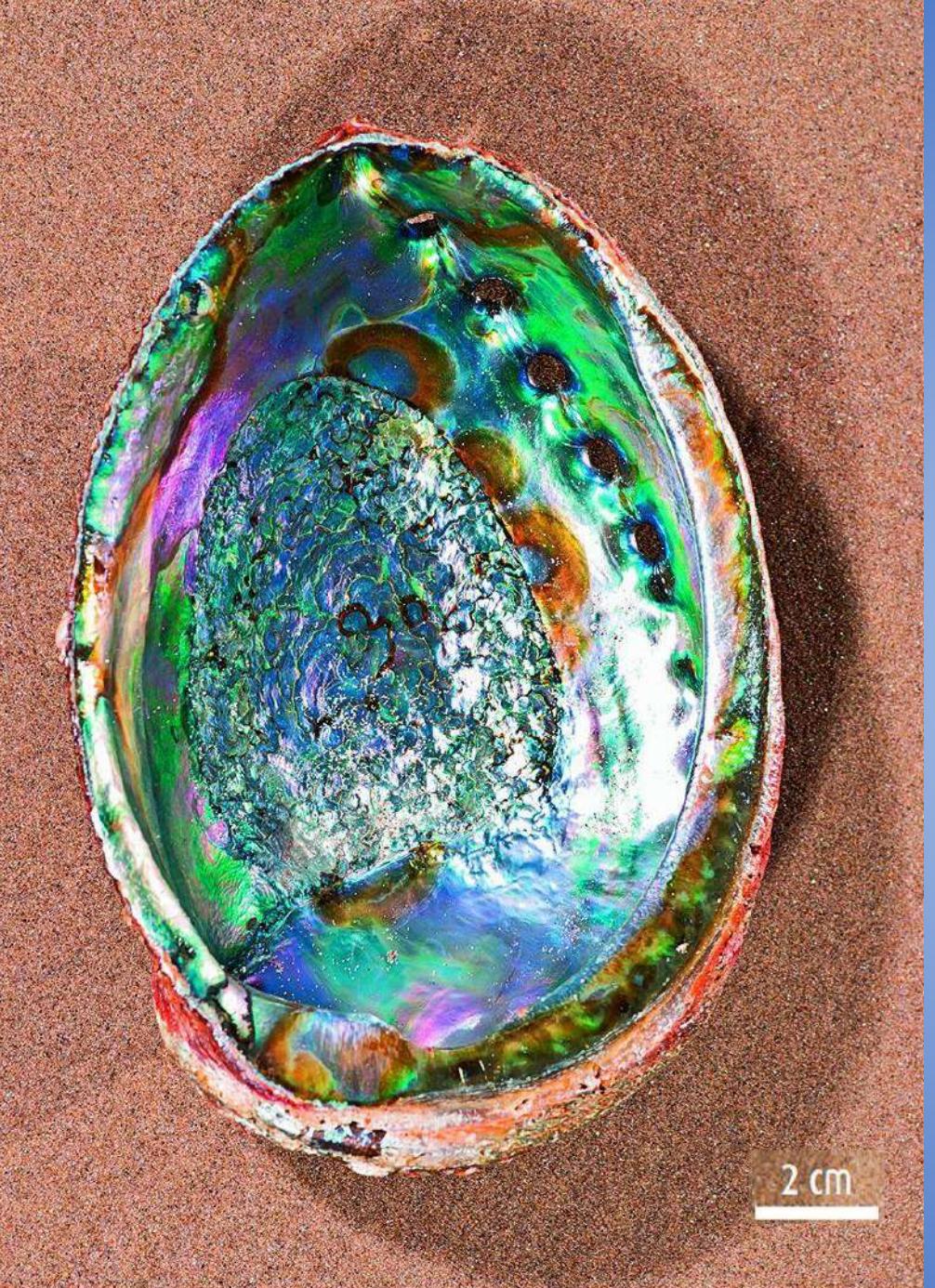
- Par exemple l'eau représente 1,5% du poids de la Ringwoodite
- ( une variété d'Olivine)



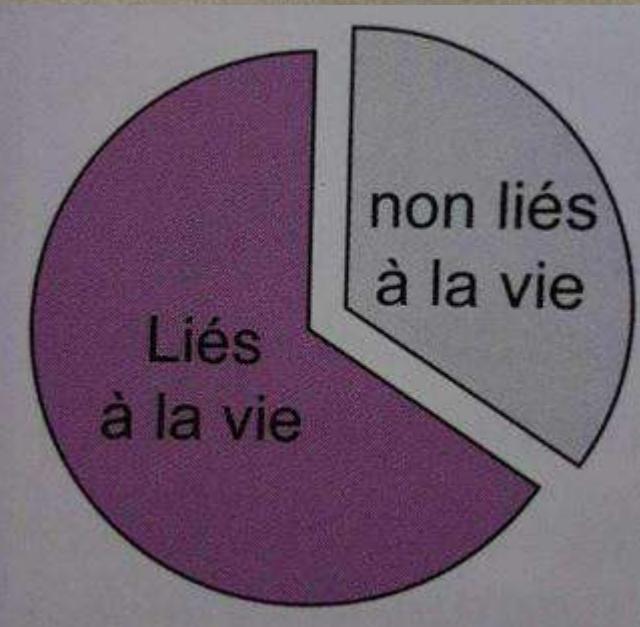
- 
- Quand la terre s'est formée, il n'y a eu d'abord qu'un petit nombre de minéraux dans le nuage interstellaire
  - Puis il y en eu jusqu'à **250** quand les planétésimaux se sont agglomérés sous forme de petite planète
  - Lorsque s'est mise en place la tectonique des plaques, une nouvelle gamme de températures et de pressions est apparue, permettant à des minéraux spécifiques du métamorphisme de se former
  - Grâce à ce phénomène, **1500** minéraux supplémentaires se sont formés

# La Grande Oxydation

- En se développant, la vie a crée de nouvelles conditions physico-chimiques
- Il y a 3,8 milliards d'années, de nouvelles bactéries photosynthétiques apparaissent. Leur métabolisme produit un déchet nouveau qui va se répandre partout : l'Oxygène. Il va coloniser les océans et l'atmosphère
- Avec cet oxygène, les minéraux qui affleuraient à la surface de la terre vont être oxydés
- La grande oxydation et les systèmes vivants ont permit l'apparition de **2900** nouveaux minéraux
- En conclusion, parmi les **4400** minéraux connus aujourd'hui :  
**les deux tiers sont dus à la vie**



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Enseignement scientifique 1re  
© BJ Photographs/Stock



**La grande oxydation et les systèmes vivants ont permis l'apparition de 2900 nouveaux minéraux**

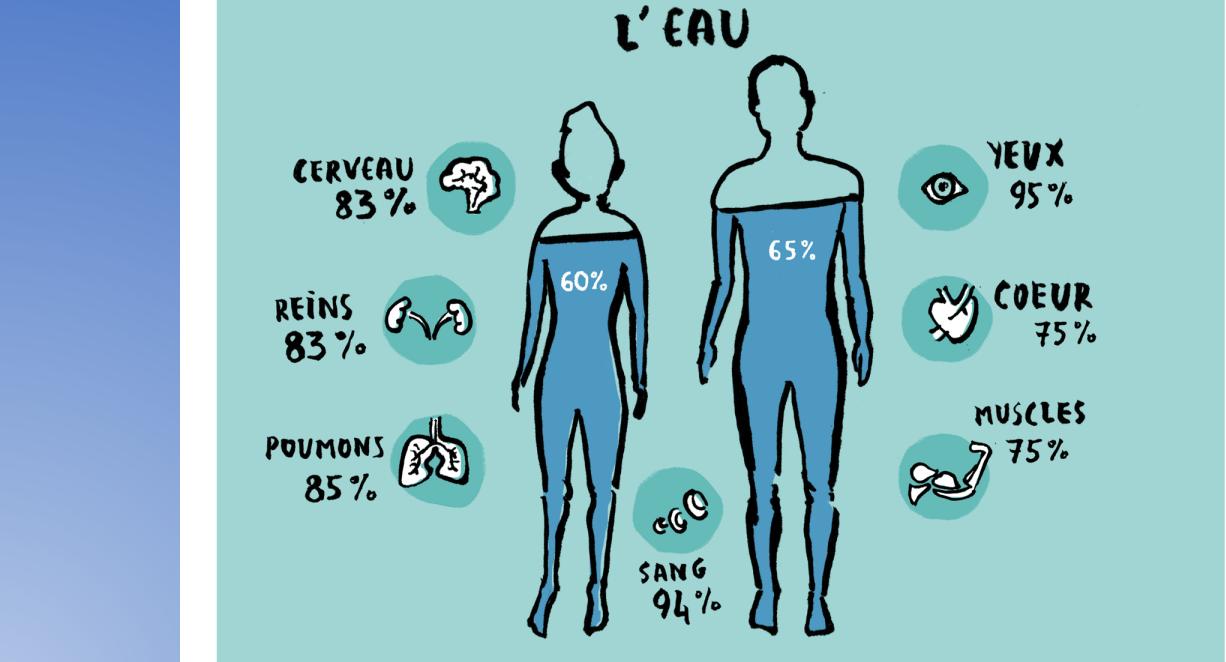


- L'eau est essentielle aux plantes et aux animaux
- Les êtres vivants sont composés de 50 à 90 % d'eau
- Le record est détenu par les **méduses** qui le sont à 99 %
- Les **melons** sont composés de 97 % d'eau
- Les **tomates** ou les **laitues** sont composées de 95 % d'eau
- Les **pommes de terre** sont composées de 78 % d'eau
- Un **œuf** est composé de 75 % d'eau
- Un **bifteck** est composé de 60 % d'eau

La quantité d'eau composant un organisme varie au cours de sa vie

Par exemple chez l'humain : Un nouveau né contient 75 % d'eau alors qu'un adulte n'en contient que 65 %

Cette eau est constamment renouvelée. Pour rester en bonne santé, un adulte doit consommer 2,5 l par jour (liquide ou dans ses aliments)



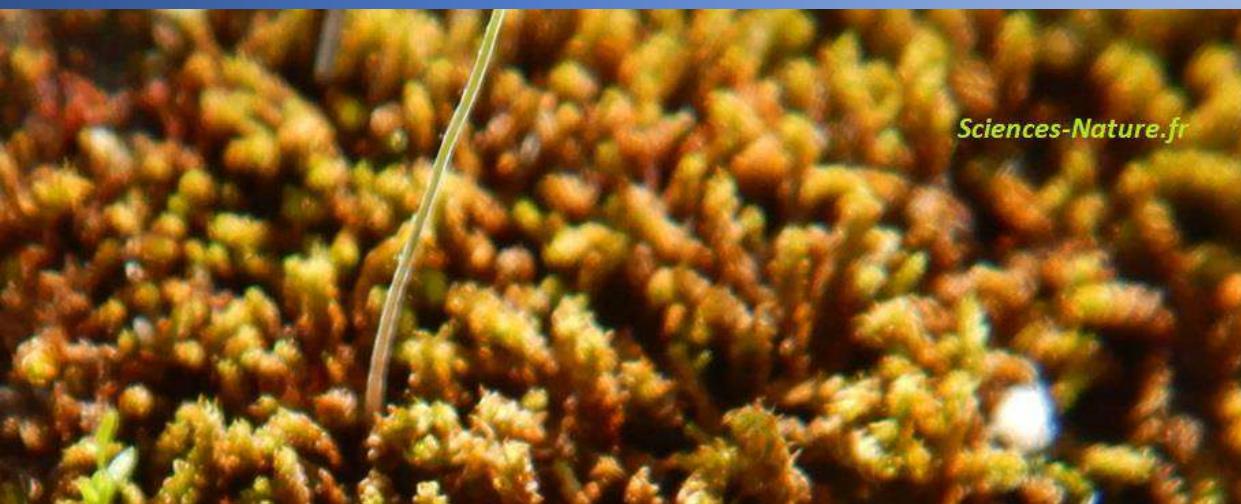
- La soif intervient dès que le corps a perdu 2 % d'eau
- Des dysfonctionnements interviennent quand la perte atteint 10 %



- Les graines, en cycle de vie ralenties, contiennent encore 5 % eau

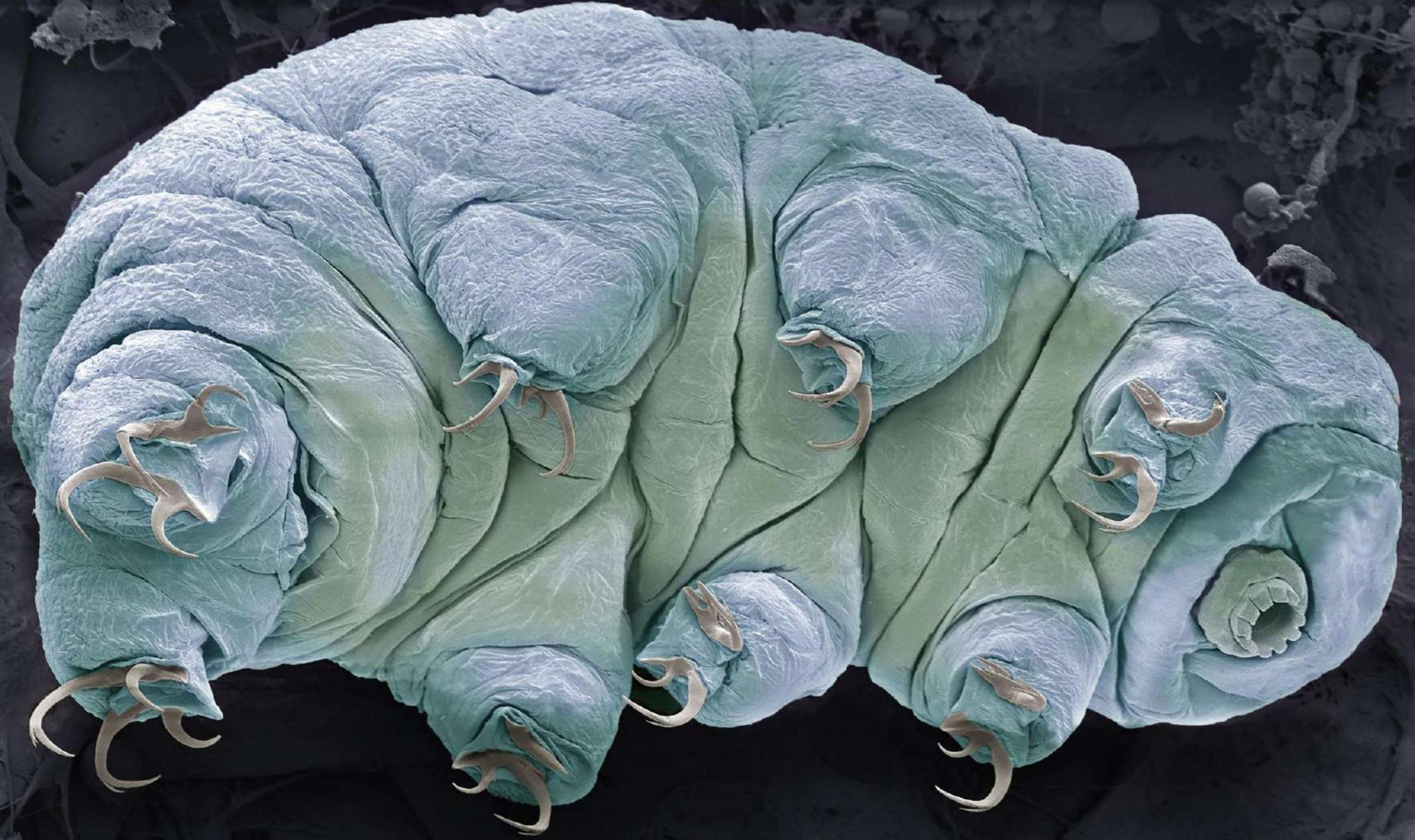


- Durant les périodes sèches ou froides assez longues, certaines mousses (des dunes, rochers, toits, troncs) perdent jusqu'à 90 % de leur eau interne et passent alors progressivement en vie ralentie ou **anhydrobiose**, avec arrêt de la croissance et du métabolisme. Pour certaines espèces adaptées à la grande sécheresse, cette phase peut durer des décennies. Par la suite, elles peuvent se réhydrater en quelques minutes pour reprendre une vie normale : c'est le phénomène de **reviviscence**, tout à fait caractéristique de ce groupe de végétaux.



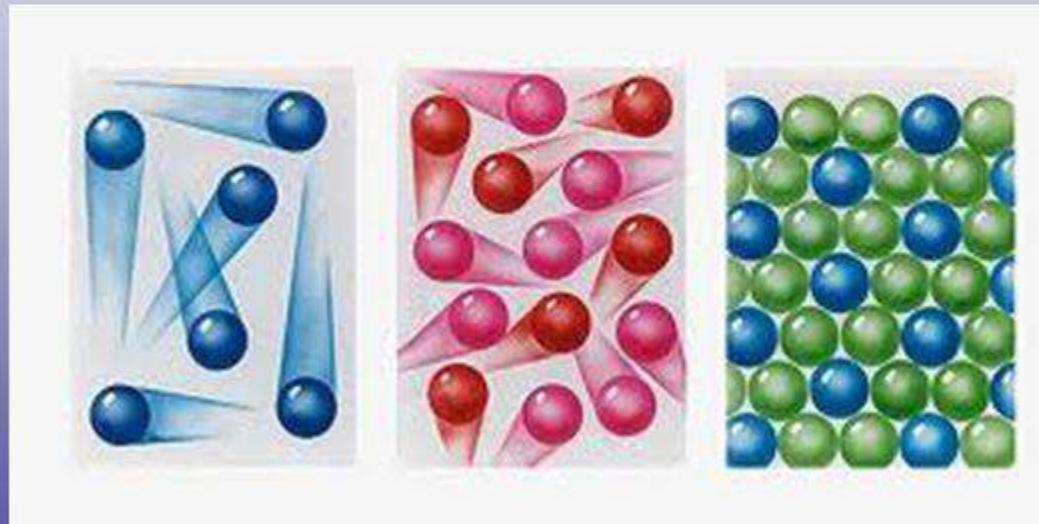
les microscopiques tardigrades sont capables de perdre l'eau de leur corps pour ne pas geler



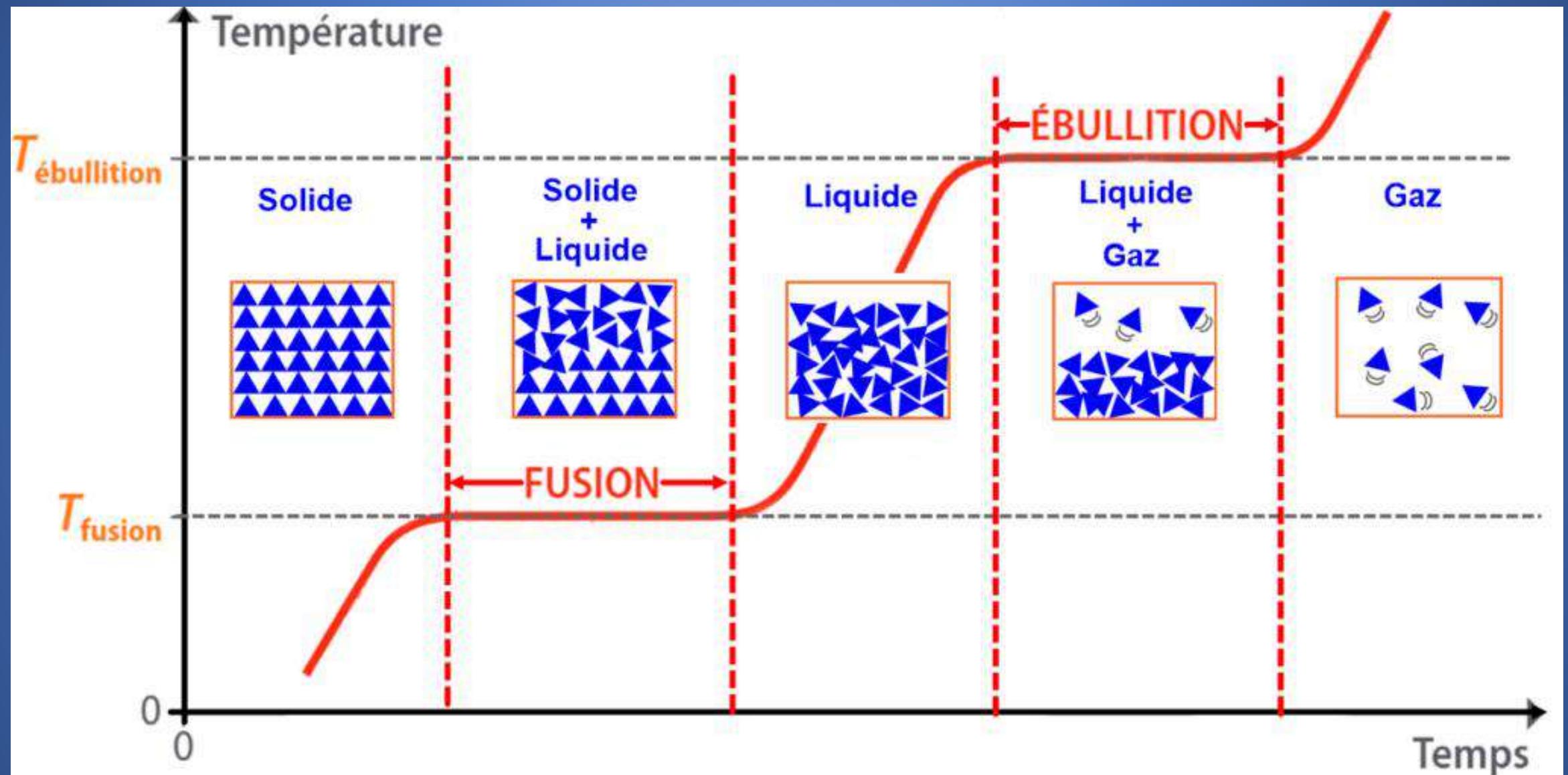


# La masse volumique et les trois états de la matière **gazeux - liquide - solide**

- Il y a plus d'espace entre les particules d'un gaz qu'il y a entre les particules d'un liquide ou un solide.



- le moins dense -----→ le plus dense

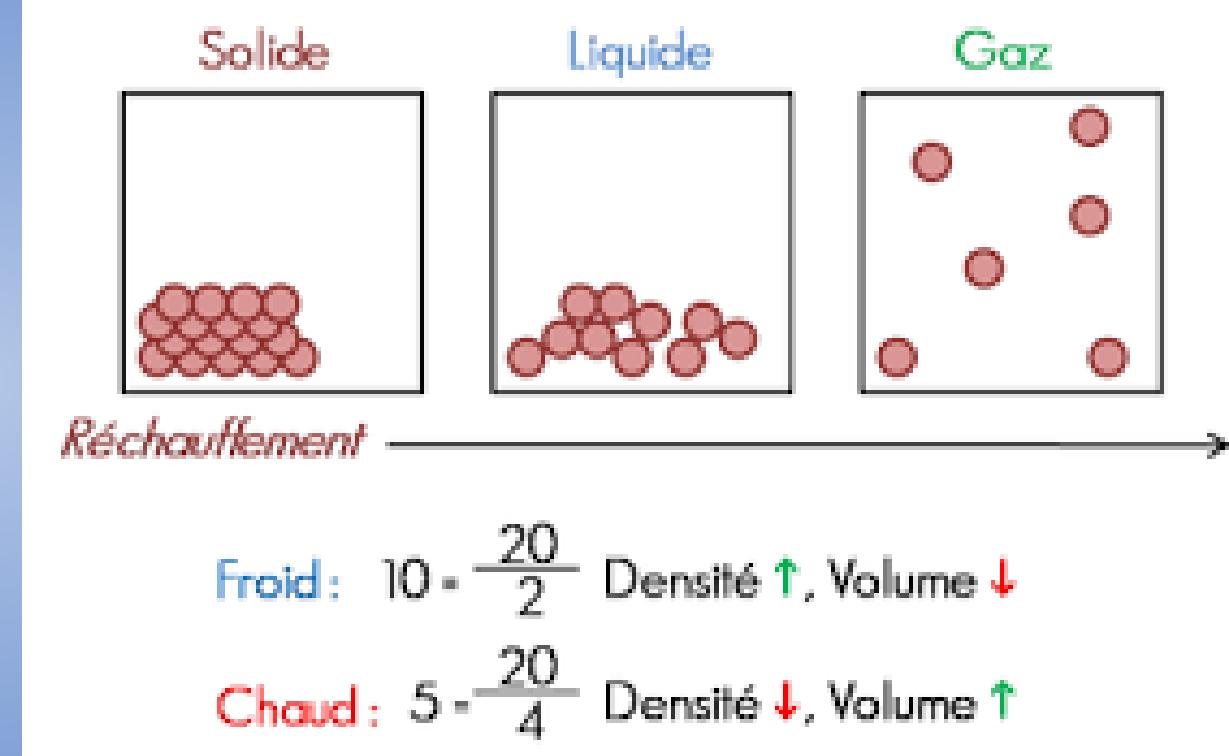


$$\rho = \frac{m}{V}$$

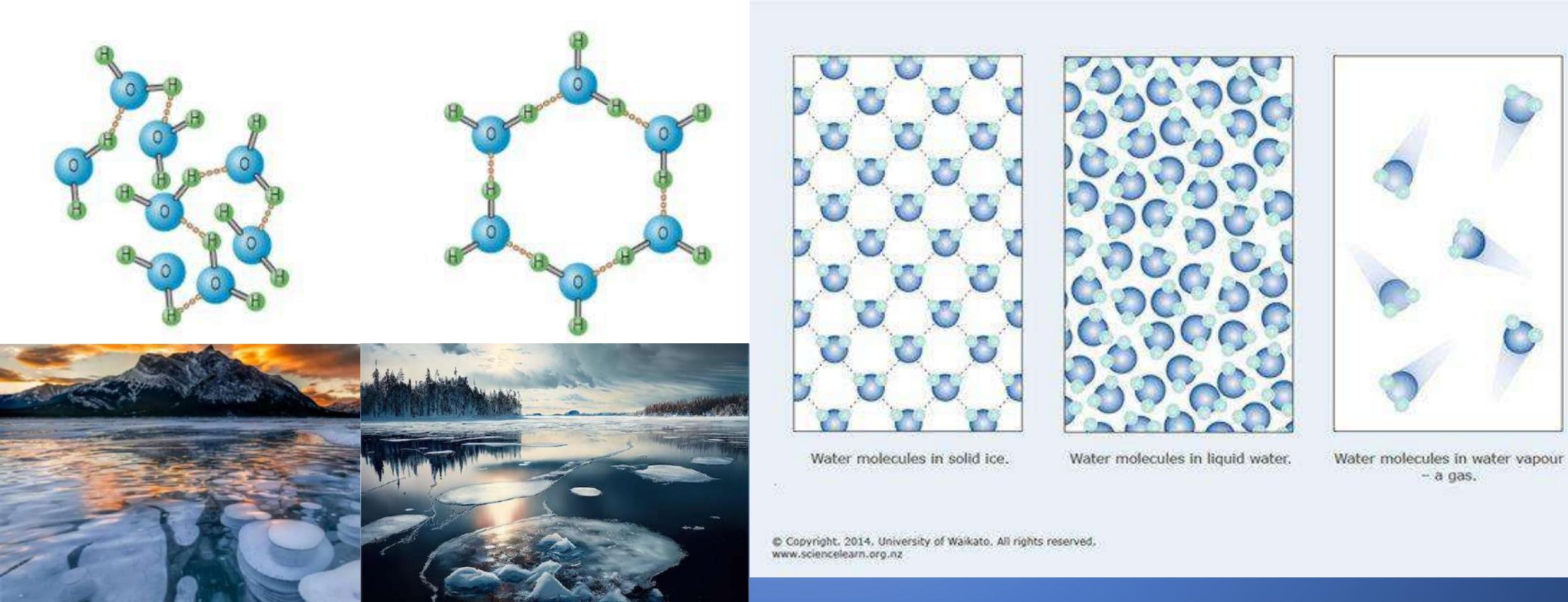
masse volumique  
 du solide

masse du solide

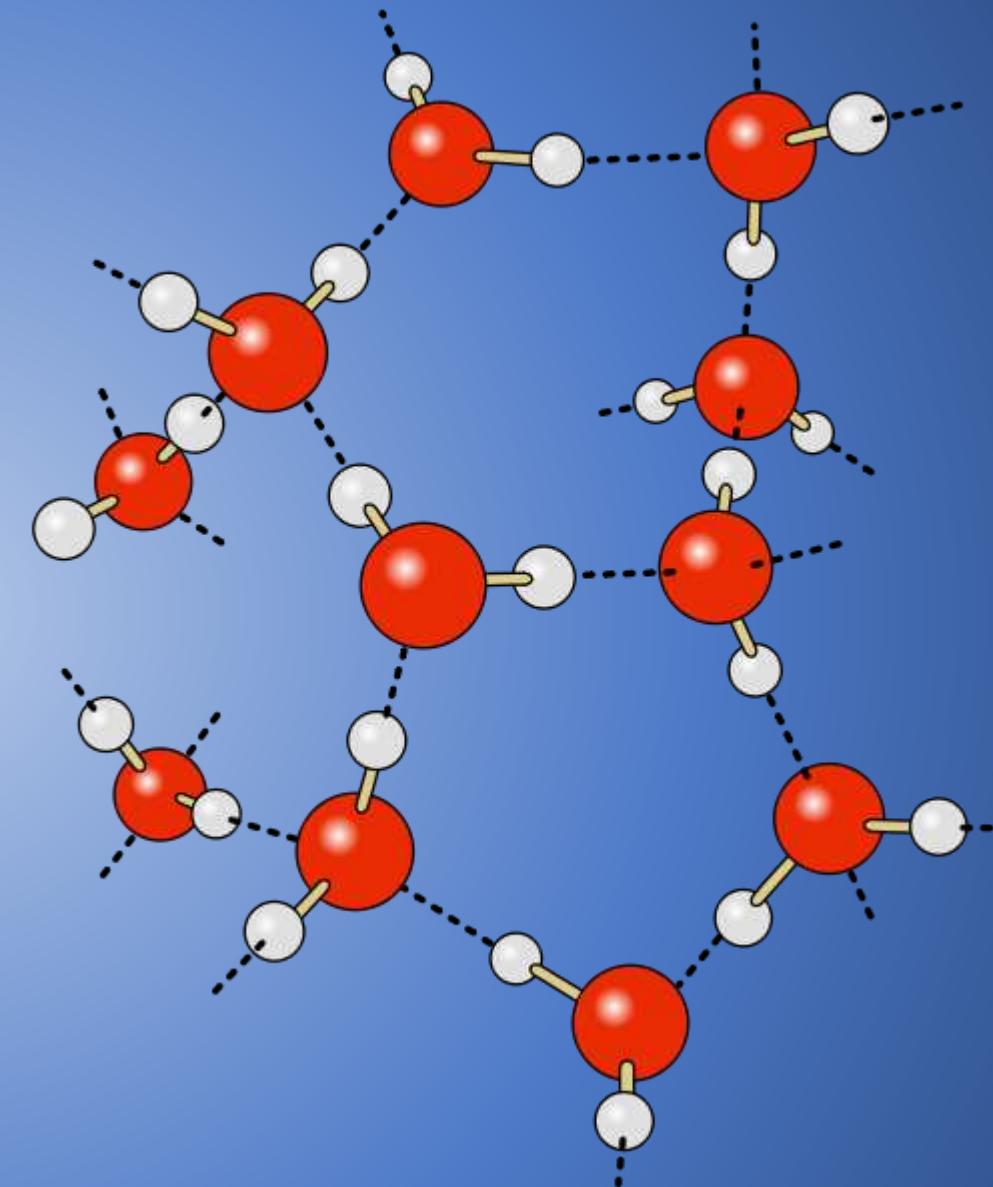
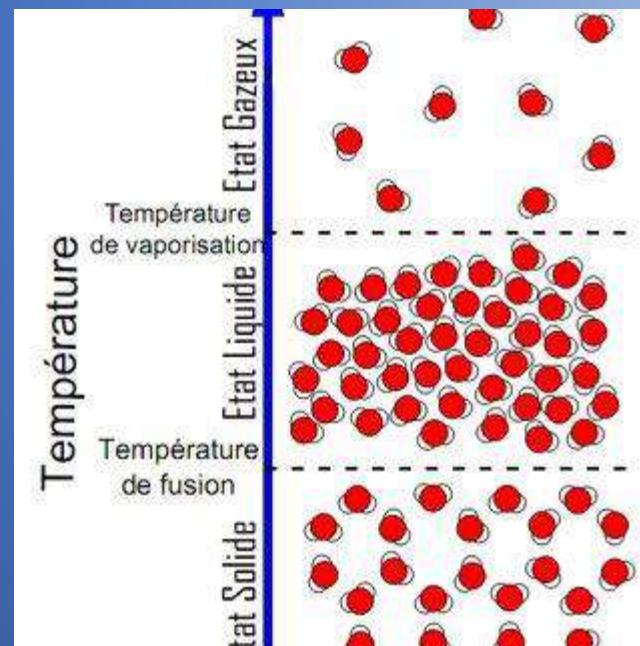
volume du solide

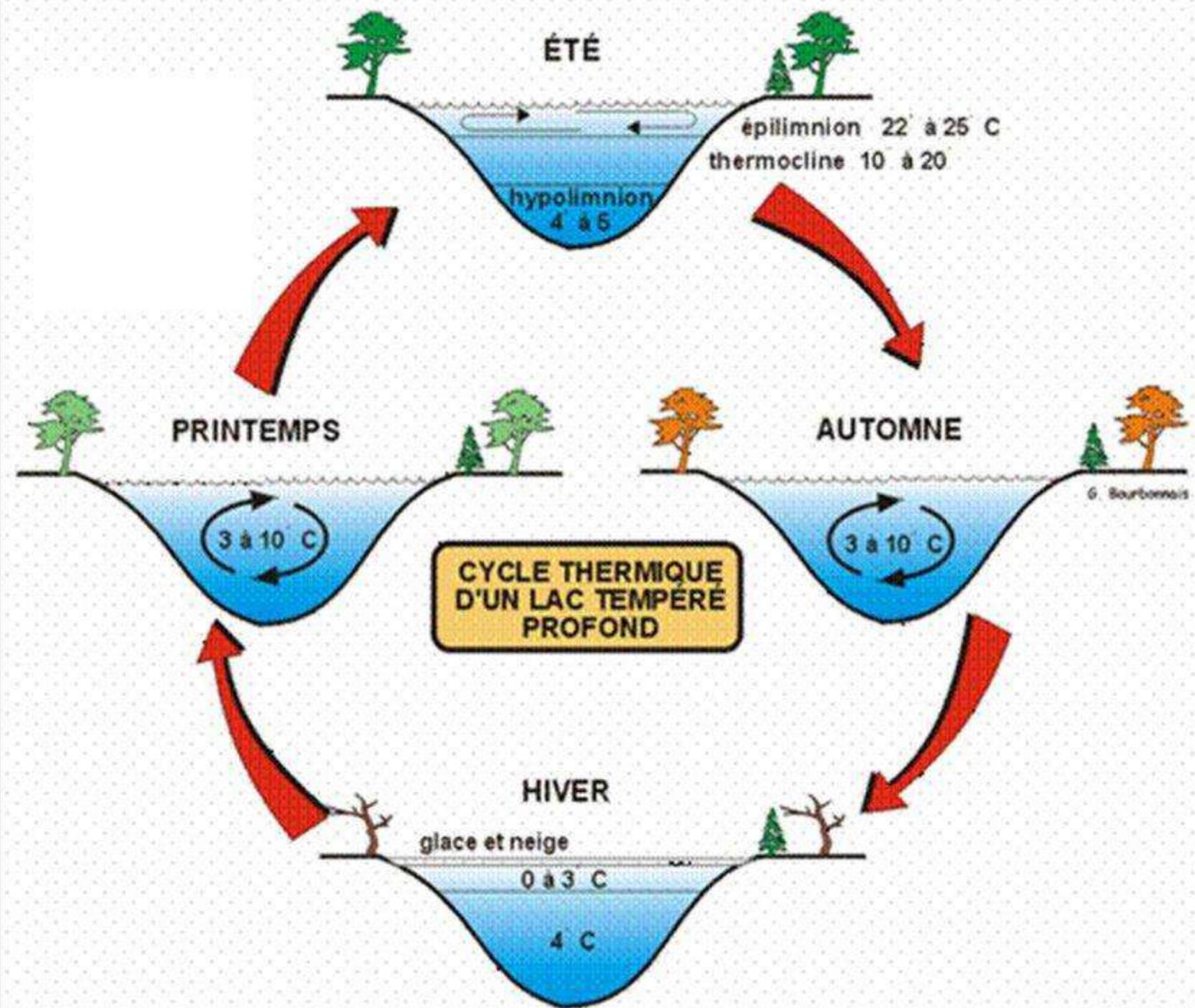


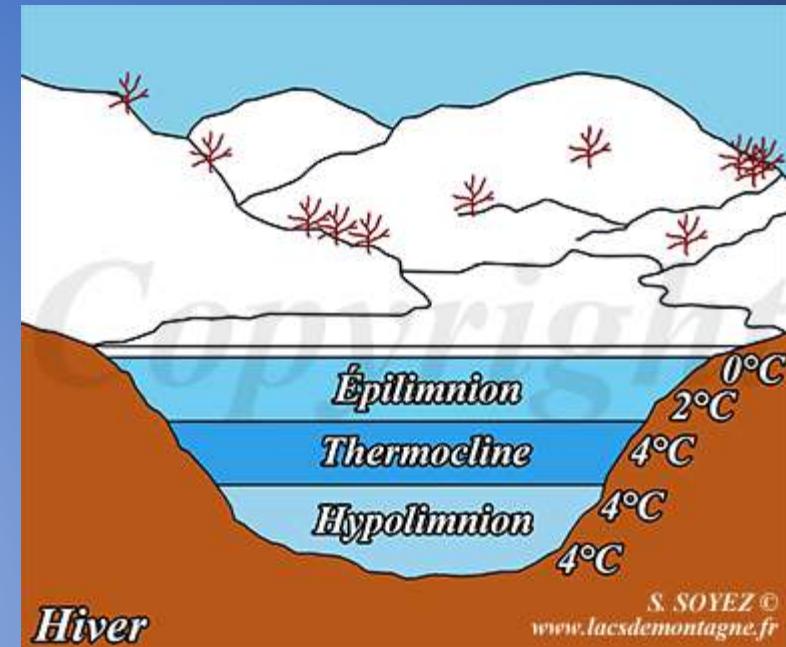
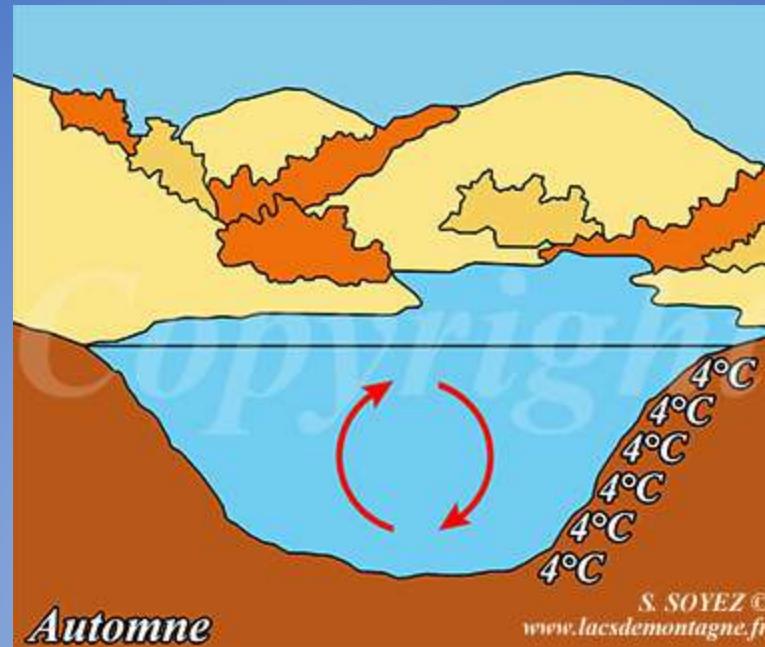
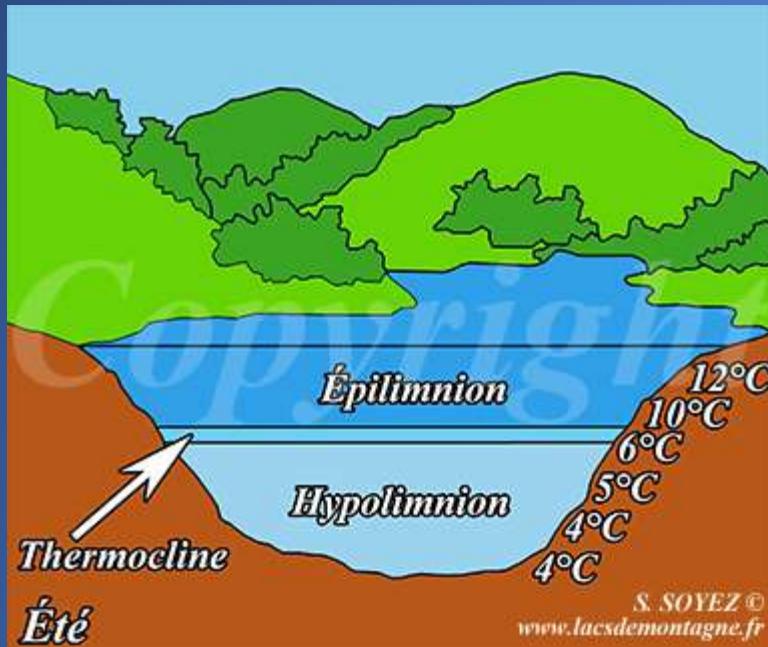
- Quand l'eau refroidit, sa densité augmente et son volume diminue comme n'importe quel liquide
- Mais, quand la température de l'eau descend au dessous de 4°C, à la différence des autres corps, son volume augmente, et à 0°C encore plus fortement



C'est la liaison hydrogène qui est responsable de l'étrange configuration de la molécule d'eau sous forme de glace

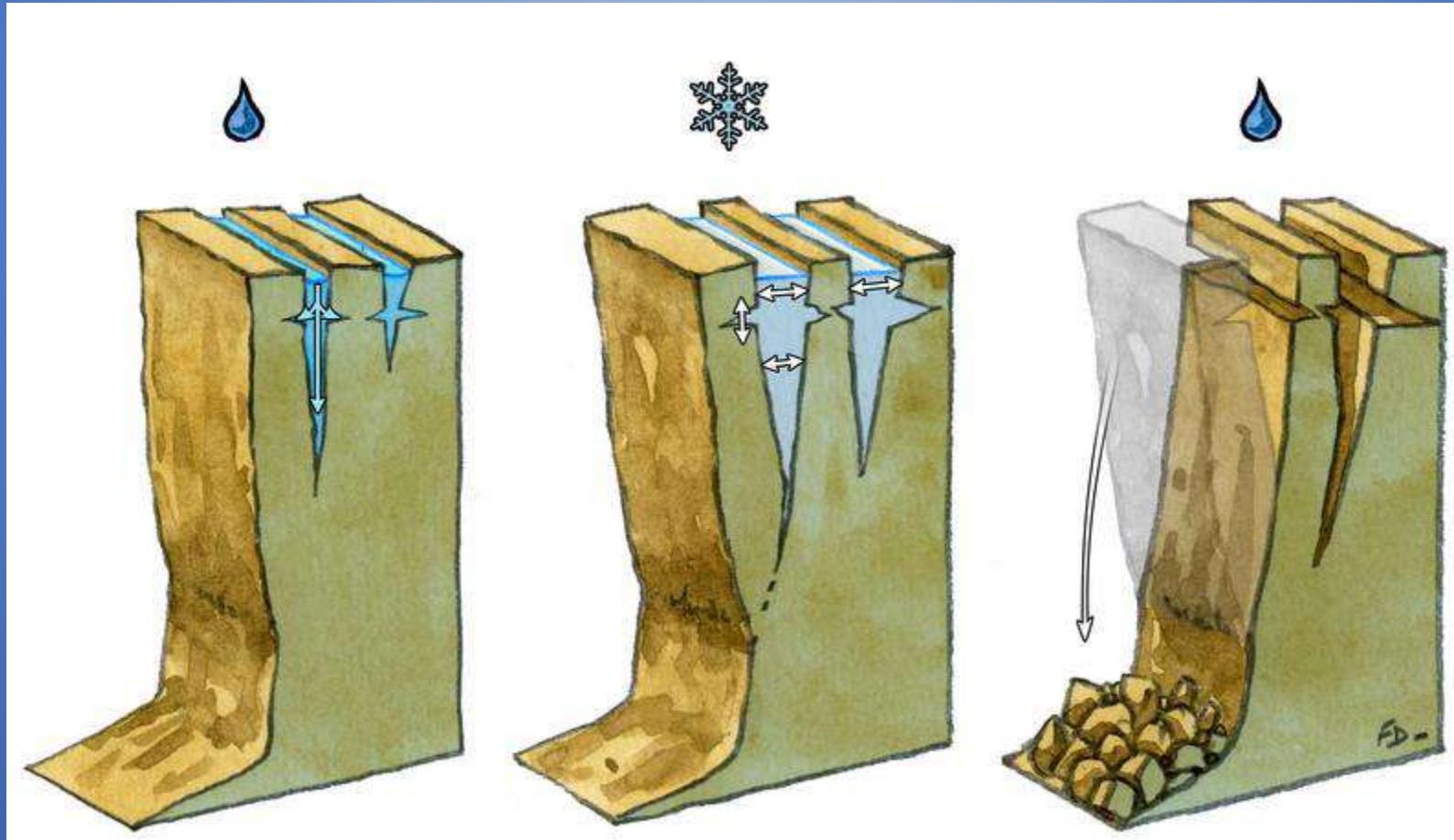




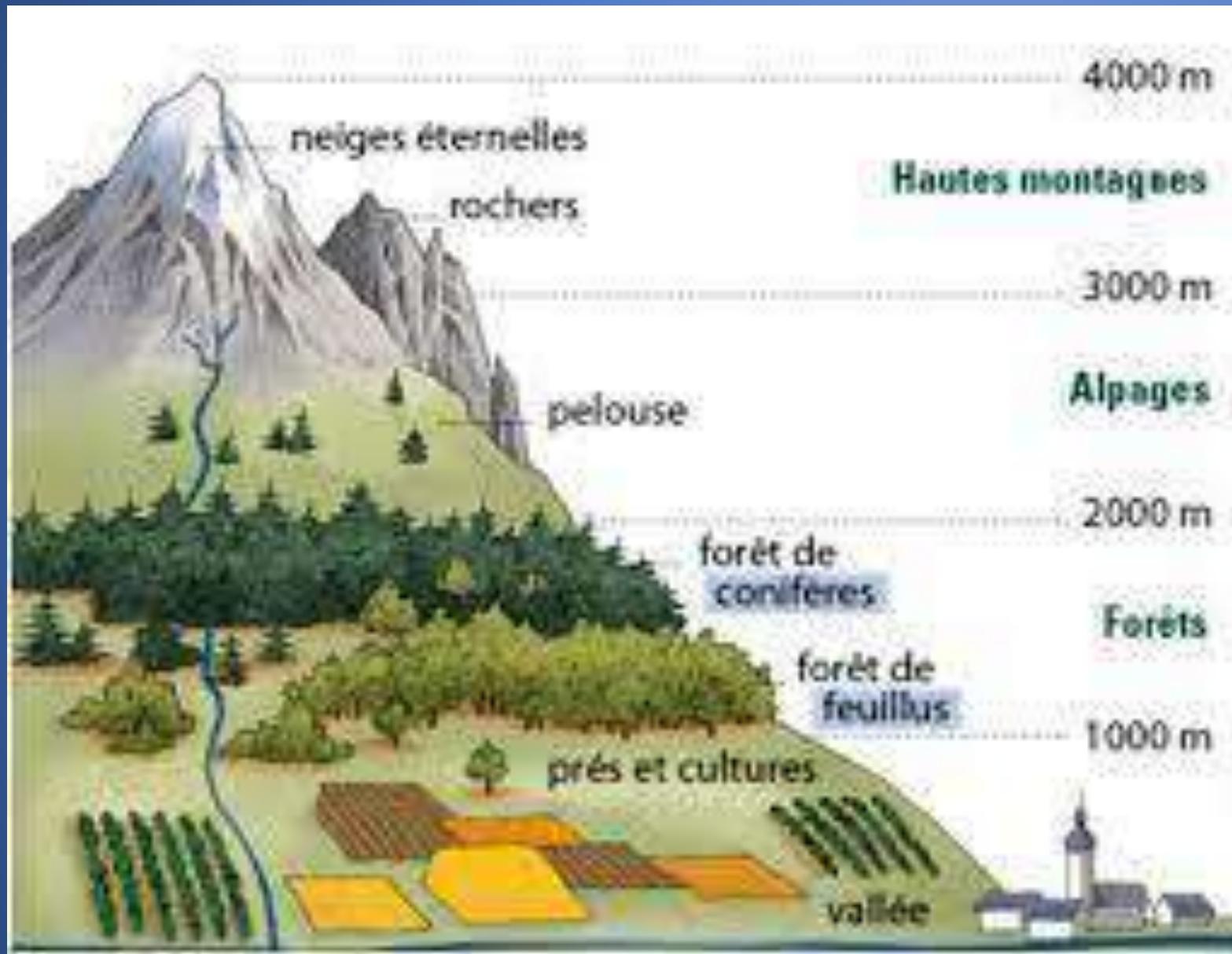


- Même lors d'hivers longs et rigoureux, le fond des lacs ou des océans reste à 4°C
- Ce comportement de l'eau contribue à la conservation de la vie

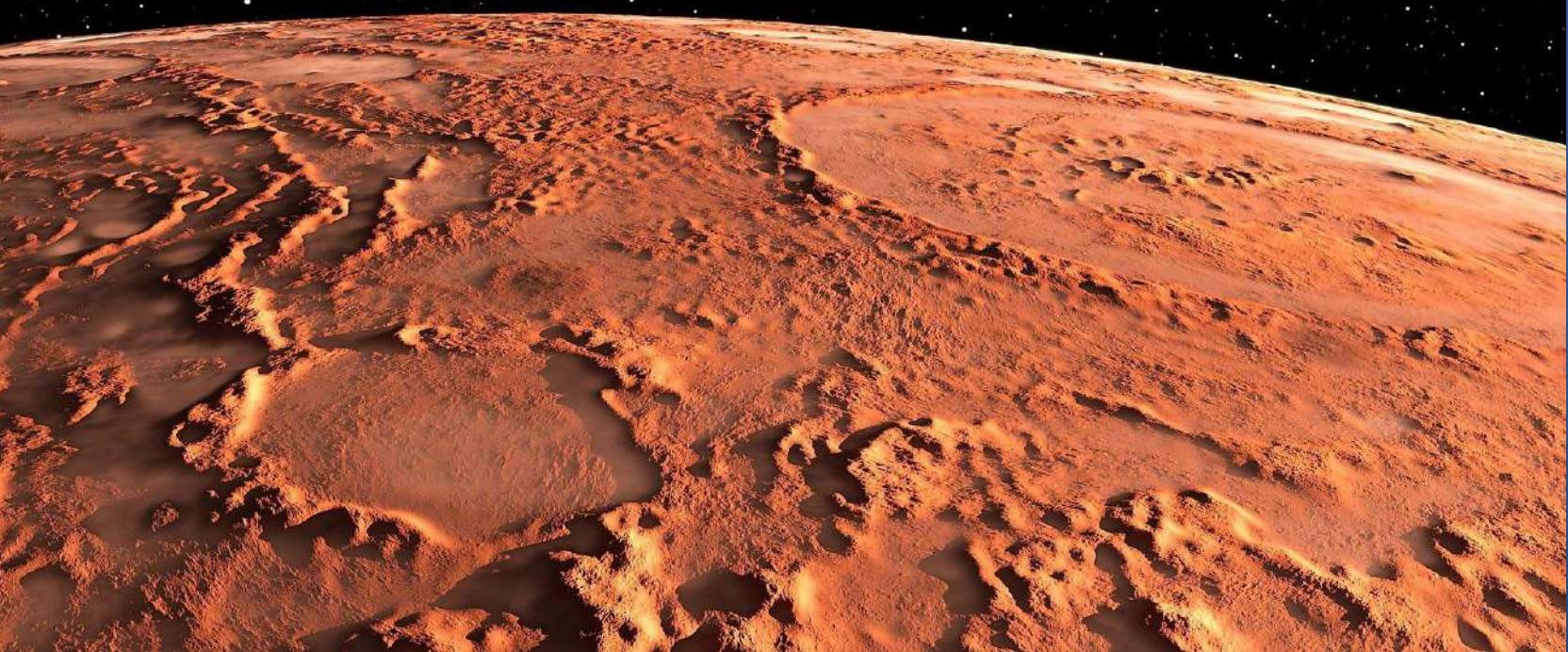
- En gelant le volume de l'eau augmente d'environ 10 % ( 10 litres d'eau donnent 11 litres de glace)
- Dans les fissures des roches, ce phénomène entraîne la gélification qui facilite l'érosion

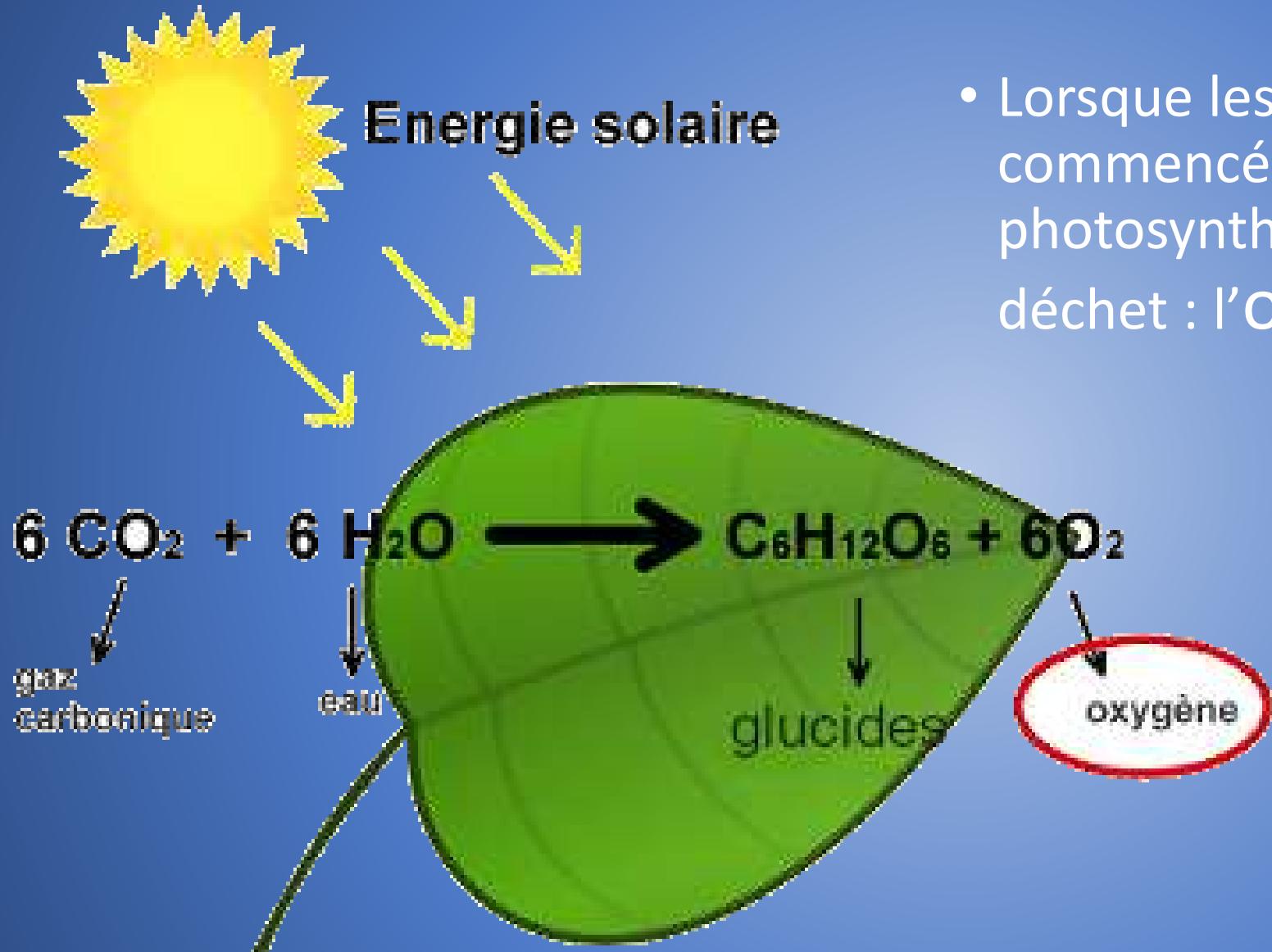


- L'érosion permet la formation de sols meubles dans lesquels les plantes peuvent se développer



- Le cycle de l'eau entraîne le renouvellement continu du relief sur la planète
- C'est pourquoi notre planète ne présente pas cet aspect grêlé de la Lune ou de Mars dont les traces d'impact avec des météorites il y a plusieurs milliards d'années sont encore visibles



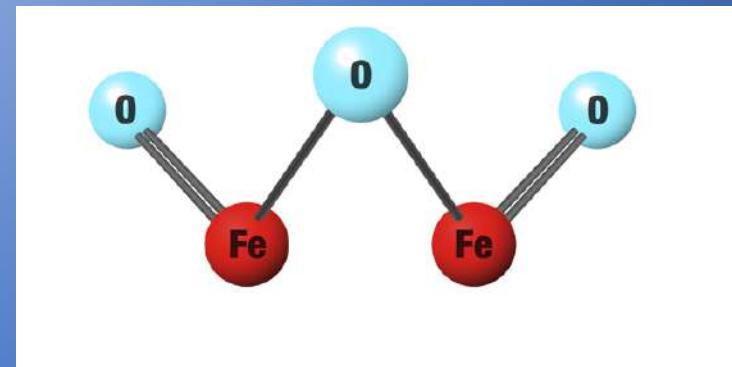


- Lorsque les cyanobactéries ont commencé à utiliser la photosynthèse, elles ont produit un déchet : l'oxygène

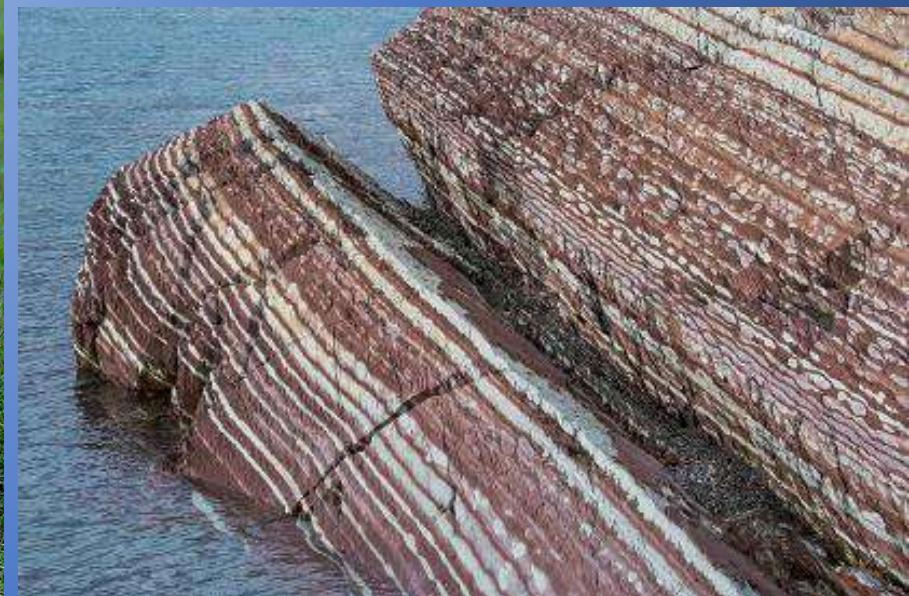
- Ce rejet très agressif a été très nocif pour les autres organismes d'alors
- La vie s'adaptant à tout, certains organismes vivants se sont adaptés, et sont parvenus à l'incorporer dans leur métabolisme
- Cette production d'oxygène a profondément modifié la composition de l'océan (il y a 3,5 milliards d'années)
- Ensuite cette oxygène a commencé à se répandre dans l'atmosphère et à la modifier ( il y a 2,4 milliards d'années)

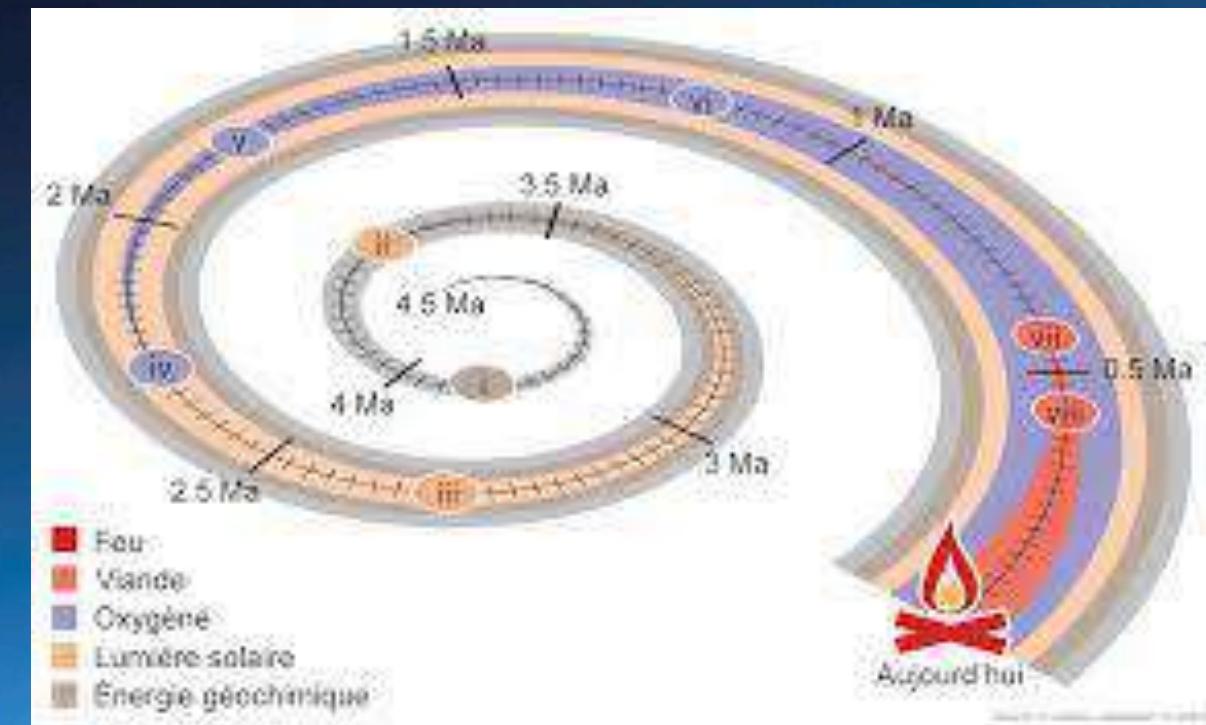


- Au départ, l'océan était riche en **fer ferreux** ( $\text{Fe}_{2+}$ ), **vert et soluble dans l'eau**
- Avec l'arrivée du dioxygène dans l'eau, le fer ferreux s'est oxydé et s'est transformé en **fer ferrique** ( $\text{Fe}_{3+}$ ), **rouge et peu soluble dans l'eau**
- Ce précipité d'oxyde de fer s'est accumulé au fond des océans



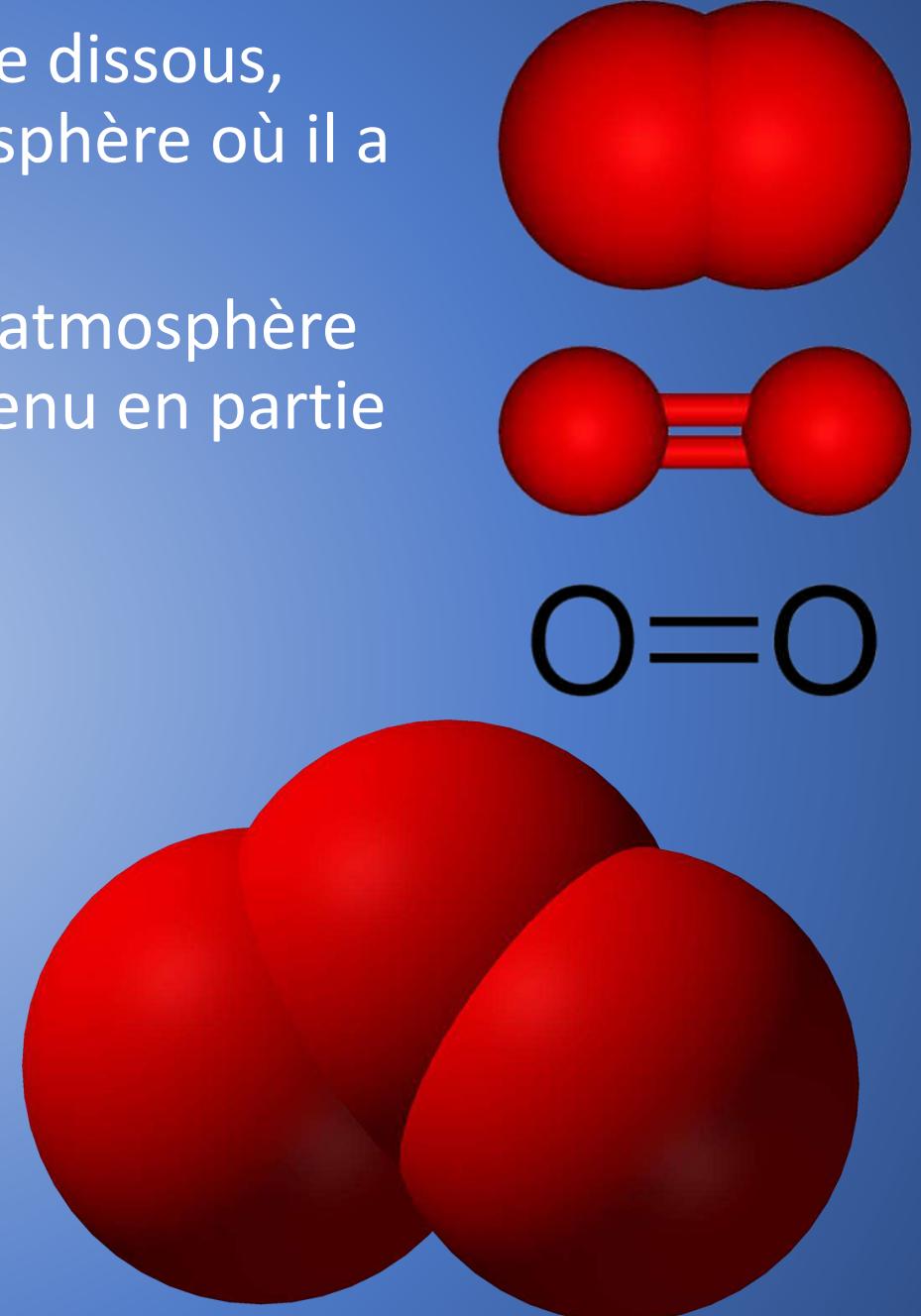
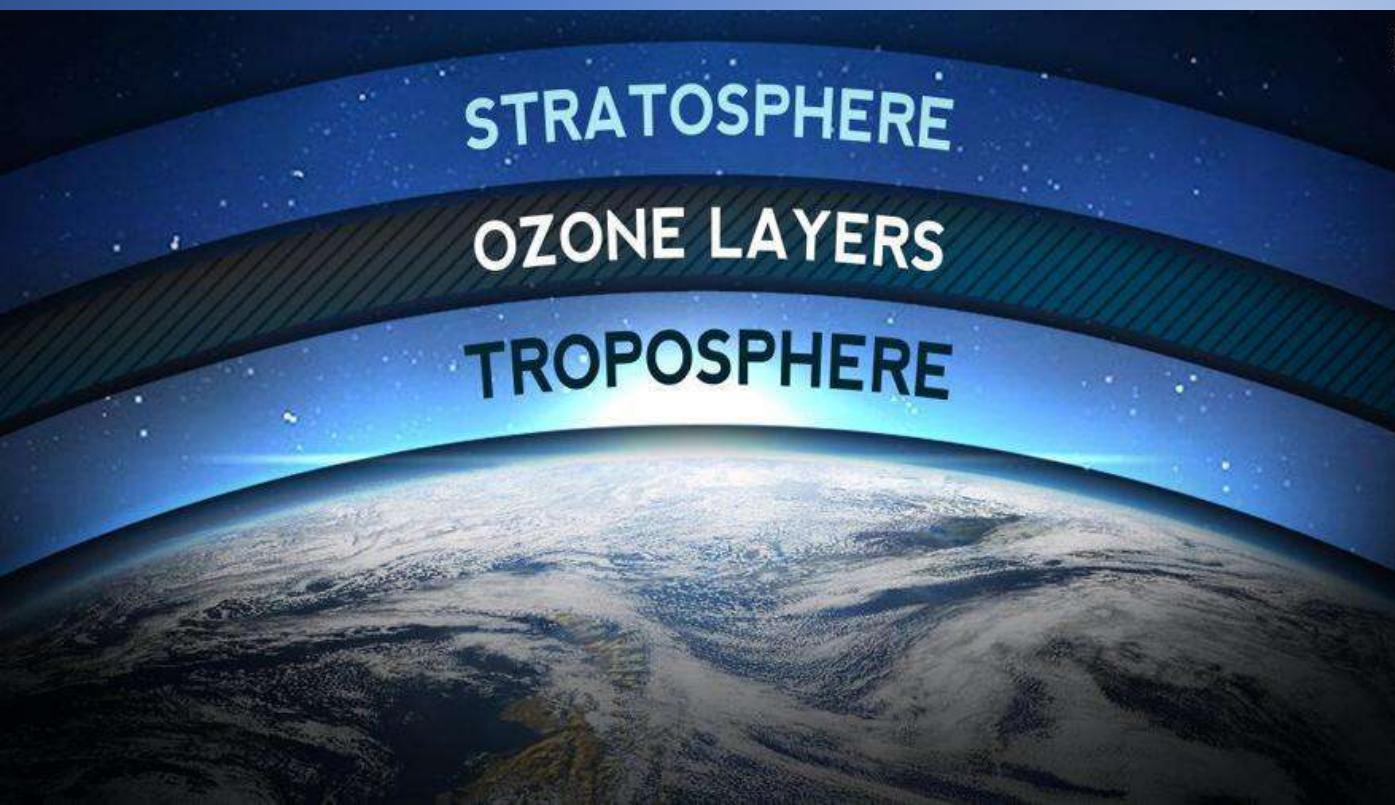
# Fer ferrique ou rubané





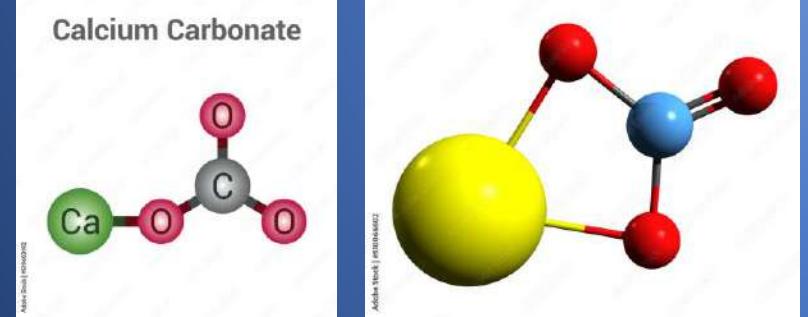
- Aujourd'hui plus de 80 % de l'exploitation de fer mondial provient des gisements de ces dépôts d'il y a 2,4 milliards d'années
- Débarrassé du fer, les océans sont devenus plus limpides et la photosynthèse a pu se faire sur une plus grande tranche d'eau
- Ce qui a entraîné une « rétroaction positive » qui a accéléré la production d'oxygène

- Lorsque les océans ont été saturés en oxygène dissous, une partie de celui-ci a été libéré dans l'atmosphère où il a formé du dioxygène gazeux ( $O_2$ )
- Le dioxygène a gagné les hautes couches de l'atmosphère où, sous l'action des rayons solaires il est devenu en partie du trioxygène (Ozone  $O_3$ )



- Avec la présence d'oxygène et d'ozone dans l'atmosphère, le ciel est passé de marron-orangé à bleu
- L'absorption des UV des rayons solaires par cet ozone va protéger les êtres vivants qui vont pouvoir coloniser la terre ferme

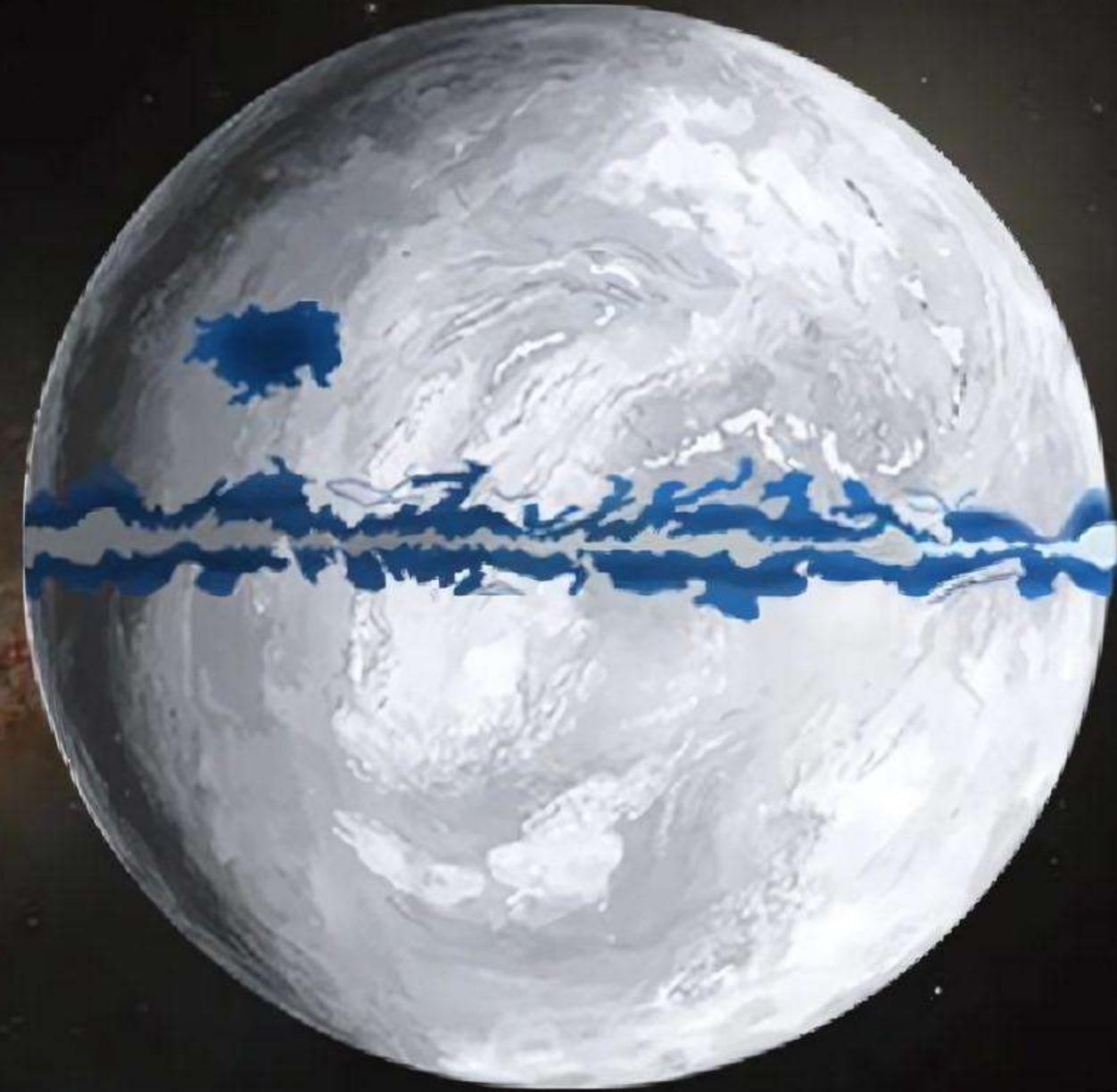




- Les premiers organismes vivants captant du  $\text{CO}_2$  et relâchant de l' $\text{O}_2$  ont introduit un déséquilibre dans l'environnement dont la marque la plus visible est le carbonate de calcium (calcaire)
- Les stromatolites ne sont pas des êtres vivants mais des structures sédimentaires élaborées par des bactéries



- La fabrication du calcaire par la vie est un excellent piège à CO<sub>2</sub>
- La réduction du CO<sub>2</sub> atmosphérique a fait baisser la température terrestre. Celle-ci est plusieurs fois descendue en dessous de 50°C pendant plusieurs dizaines de milliers d'années
- Par une rétroaction positive, la surface claire des glaces a réfléchi d'avantage d'énergie solaire, accentuant le refroidissement de l'athmosphère



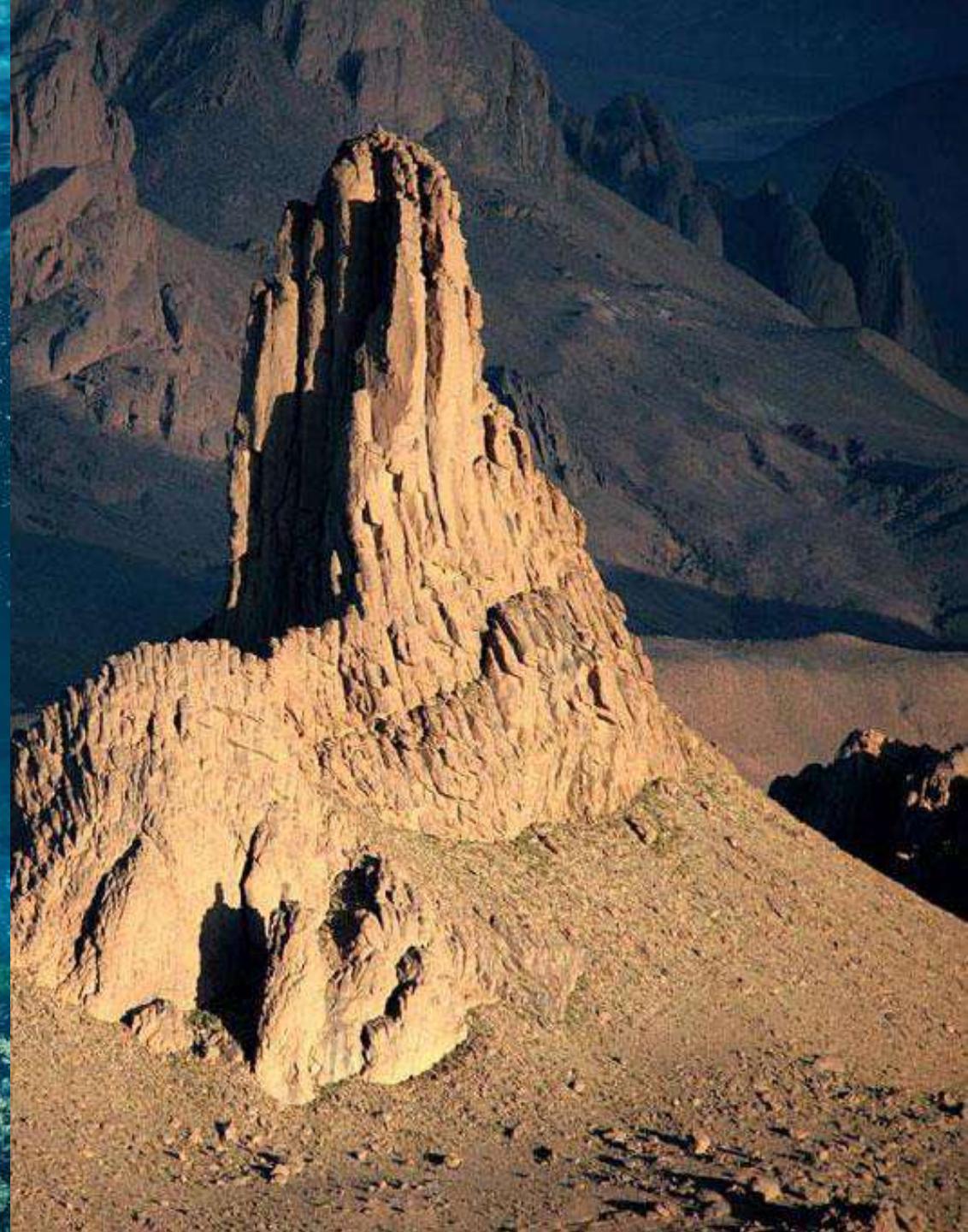
- Une telle situation aurait dû être définitive puisque l'essentiel de l'énergie solaire était réfléchie
- Mais l'évacuation de chaleur du manteau par le volcanisme a continué



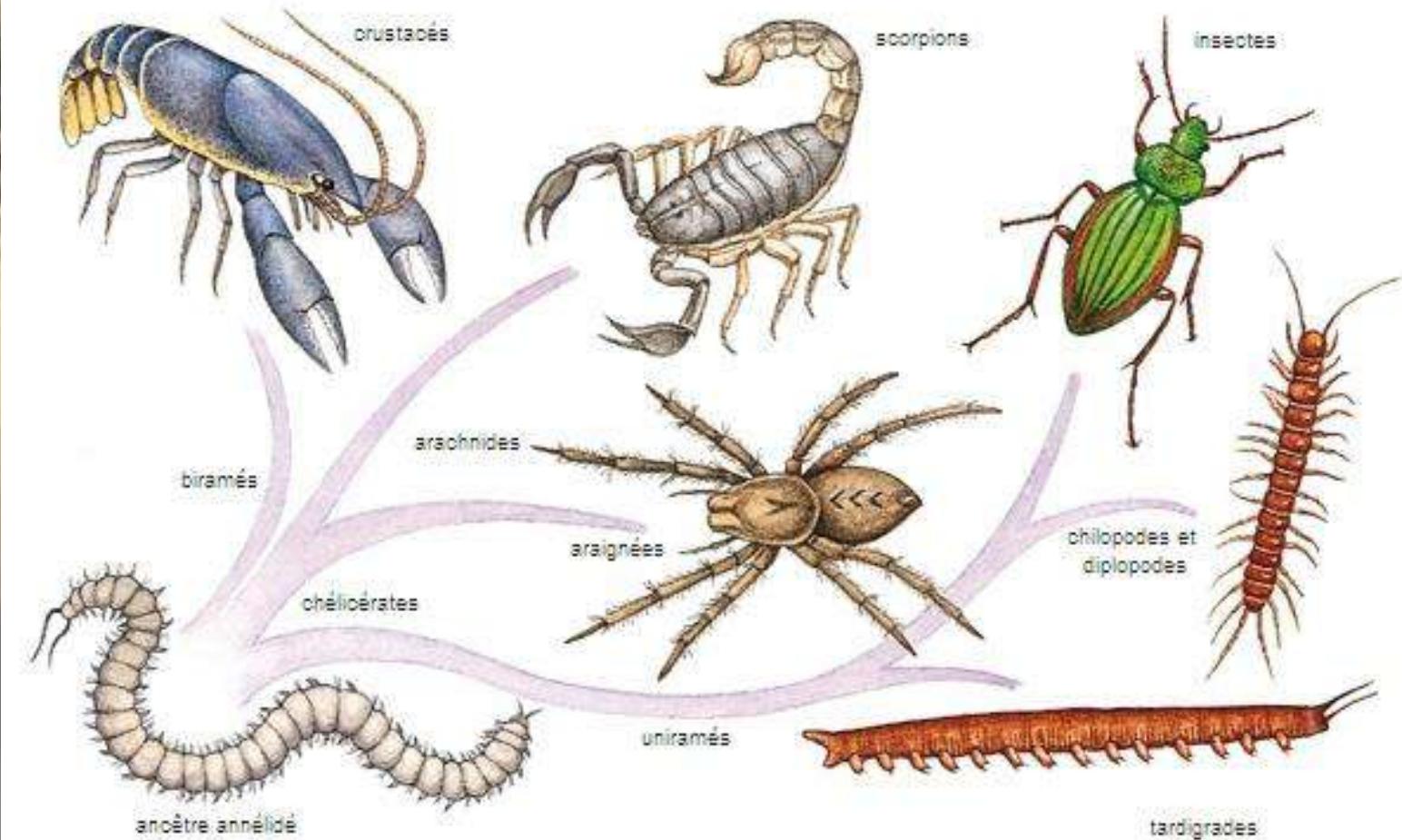
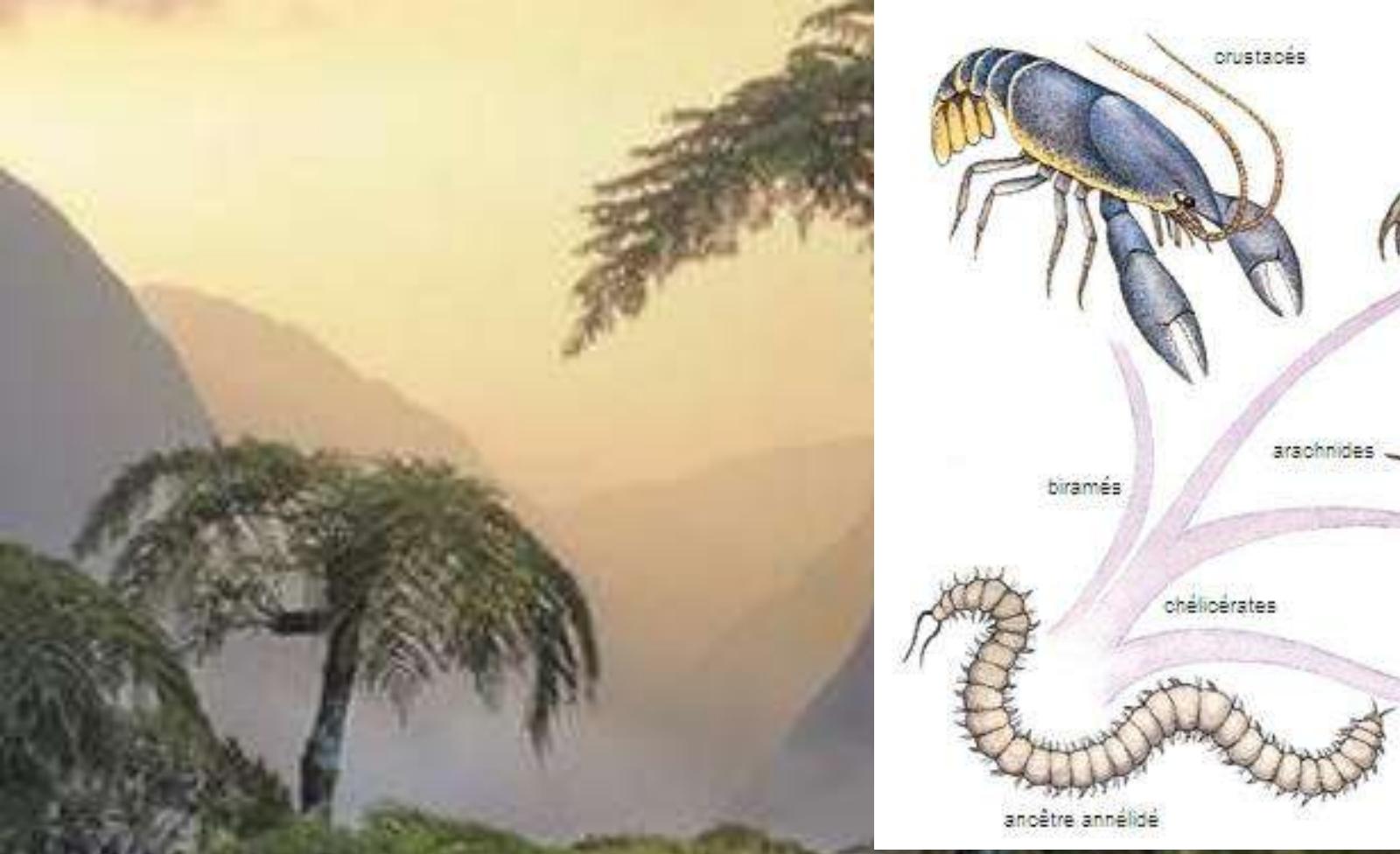
- La terre est sans cesse déséquilibrée par la vie
- Et à chaque fois un nouvel équilibre temporaire se met en place
- L'équilibre de la terre est toujours dynamique
- Finalement quand on veut conserver la nature dans un état stable, on agit contre nature



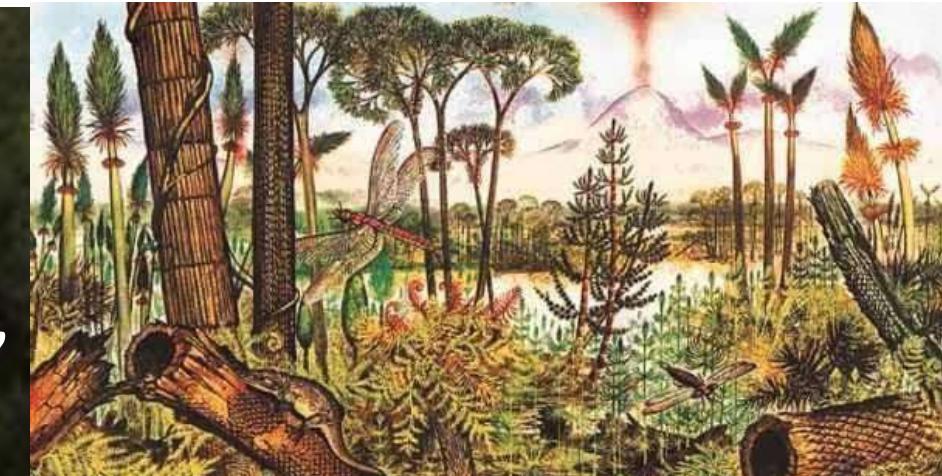
- 
- A vibrant underwater photograph showing a coral reef teeming with life. Sunlight filters down from the surface, creating a dappled light effect on the sandy ocean floor and the various coral formations. Several small, colorful fish, likely tangs or surgeonfish, are visible swimming around the reef.
- Pendant plus de trois milliards d'années, la vie n'a été présente que dans les océans



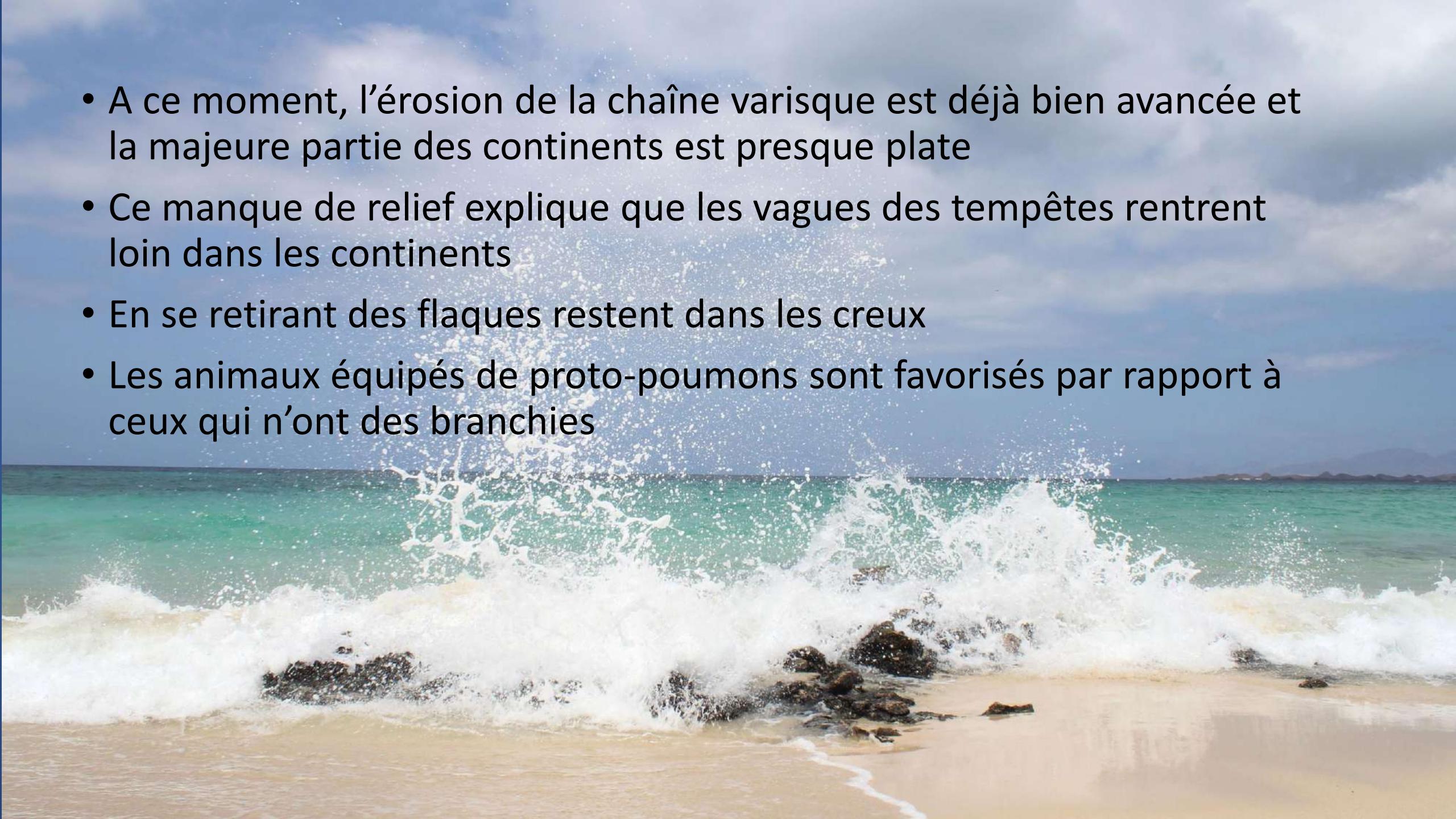
- 
- A close-up photograph of a large, dense colony of white and green lichen growing on a dark, textured surface, likely a tree trunk. The lichen has a crumbly, irregular texture. In the background, out-of-focus green foliage and small purple flowers are visible.
- La vie arrive sur la terre il y a 500 millions d'années
  - Arrivent d'abord les mousses, les lichens et les champignons
  - Ensemble il ont crée une très fine couche de sol qui a permis il y a 450 millions d'années aux végétaux de se répandre sur la terre ferme



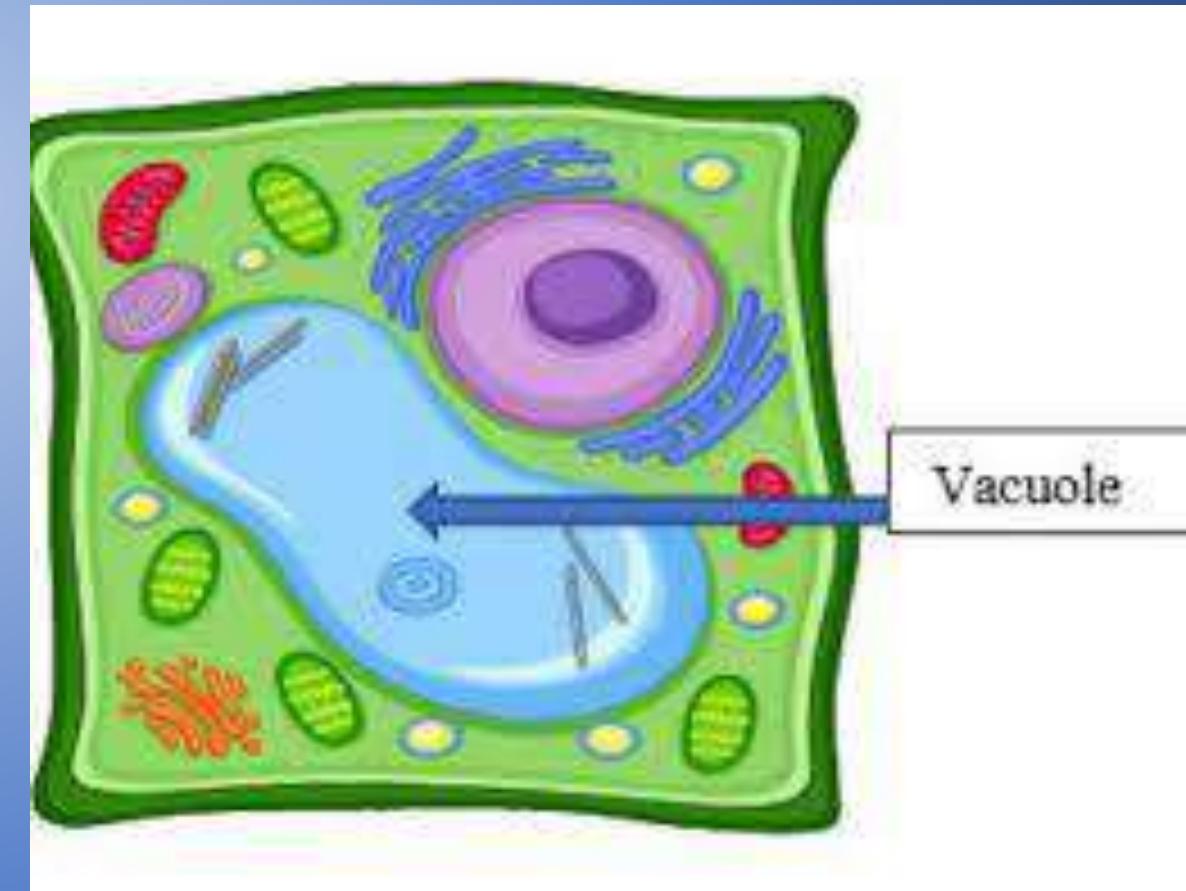
- Les végétaux plus complexes arrivent il y a environ 450 millions d'années
- Arrivent ensuite quelques arthropodes (acariens, araignées, scorpions etc ...)



- A ce moment, l'érosion de la chaîne varisque est déjà bien avancée et la majeure partie des continents est presque plate
- Ce manque de relief explique que les vagues des tempêtes rentrent loin dans les continents
- En se retirant des flaques restent dans les creux
- Les animaux équipés de proto-poumons sont favorisés par rapport à ceux qui n'ont des branchies



- Il y a 385 millions d'années des forêts de lycopodes de 10 m sont déjà présentes
- Les plantes ne cessent de grandir. La plupart d'entre elles le font en remplissant des sacs d'eau intracellulaires (les vacuoles). Ceux-ci ont exercé une pression sur les parois des cellules qui a finit par les obliger à s'agrandir



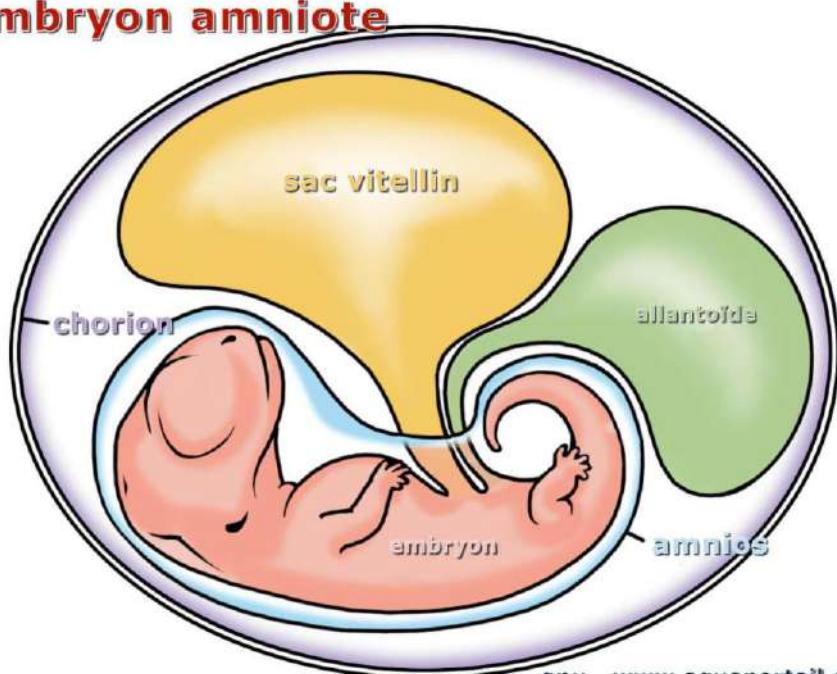
- Les animaux ont réussi à vivre sur terre en s'hydratant en buvant ou en consommant une nourriture hydratée
- Pour la reproduction en revanche ils restaient tributaires d'un passage dans l'eau



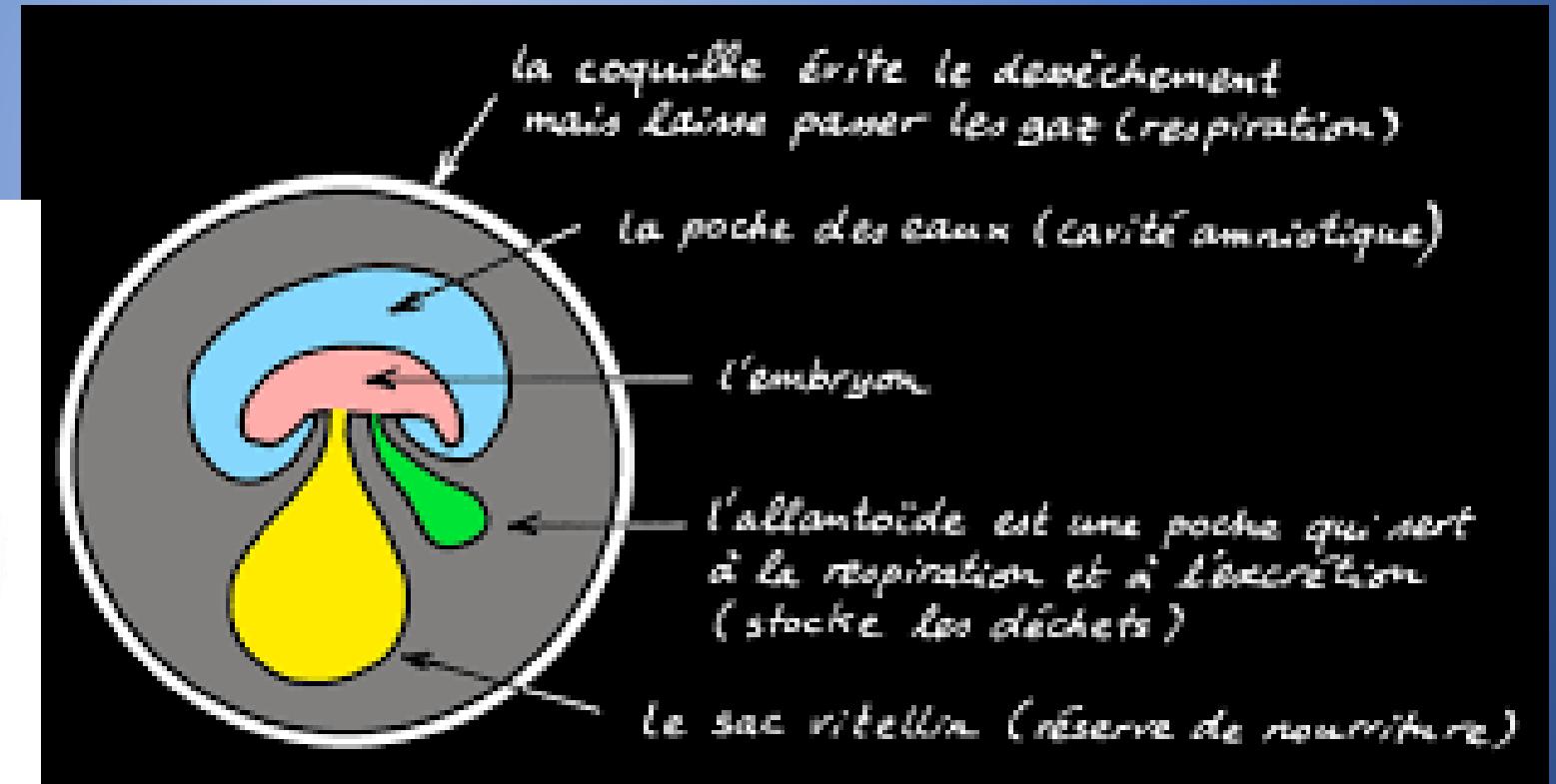
- Il y a environ 300 millions d'années, au carbonifère, arrive une innovation majeure permettant aux tétrapodes de s'émanciper du milieu aquatique pour leur reproduction : l'œuf amniotique
- Grâce à lui ces nouveaux animaux ont put s'affranchir d'un passage dans l'eau lors de leur reproduction

## L'œuf amniotique

**embryon amniote**



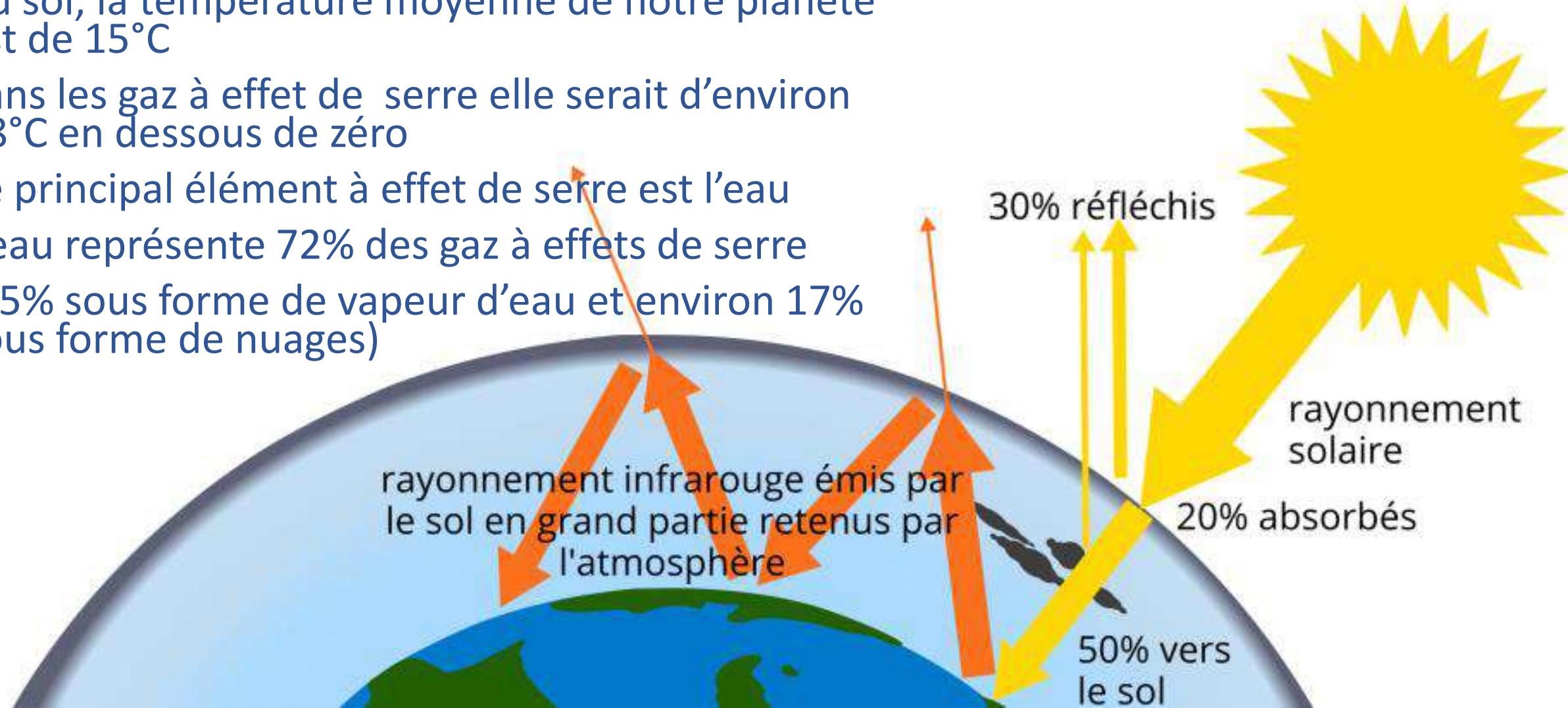
gnu - www.aquaportal.com



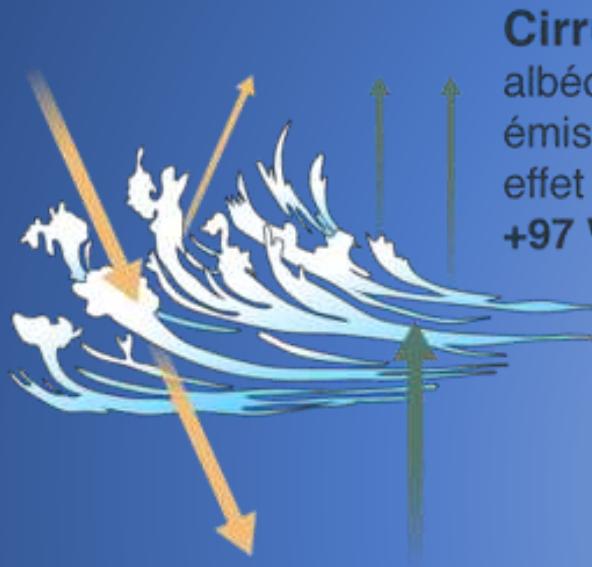
# L'effet de serre

Un phénomène à l'oeuvre naturellement

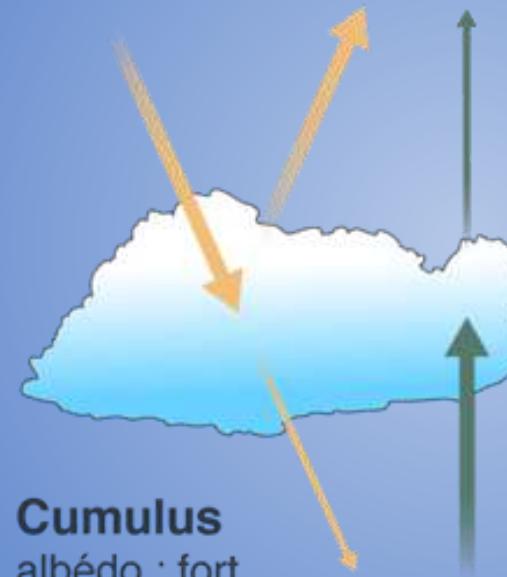
- Au sol, la température moyenne de notre planète est de 15°C
- Sans les gaz à effet de serre elle serait d'environ 18°C en dessous de zéro
- Le principal élément à effet de serre est l'eau
- L'eau représente 72% des gaz à effets de serre
- (55% sous forme de vapeur d'eau et environ 17% sous forme de nuages)



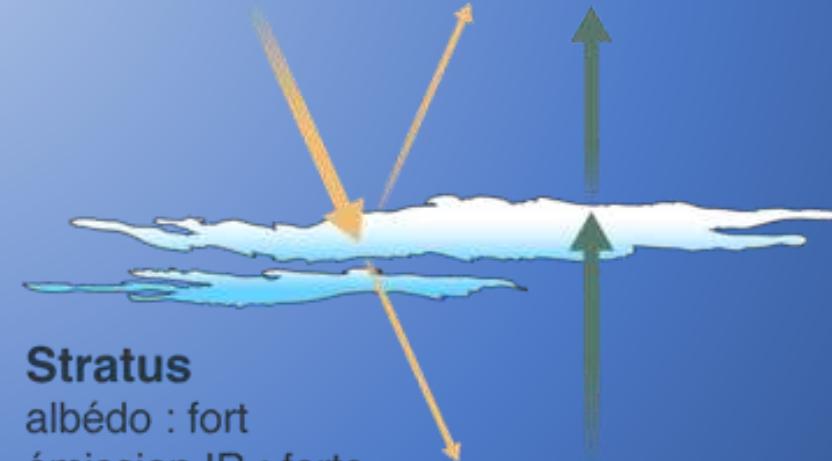
- Il existe toute une variété de nuages et leurs relations avec l'effet de serre ne sont pas les mêmes



**Cirrus**  
albédo : très faible  
émission IR : faible  
effet : réchauffant  
 $+97 \text{ W/m}^2$



**Cumulus**  
albédo : fort  
émission IR : moyenne  
effet : refroidissant  
 $-60 \text{ W/m}^2$

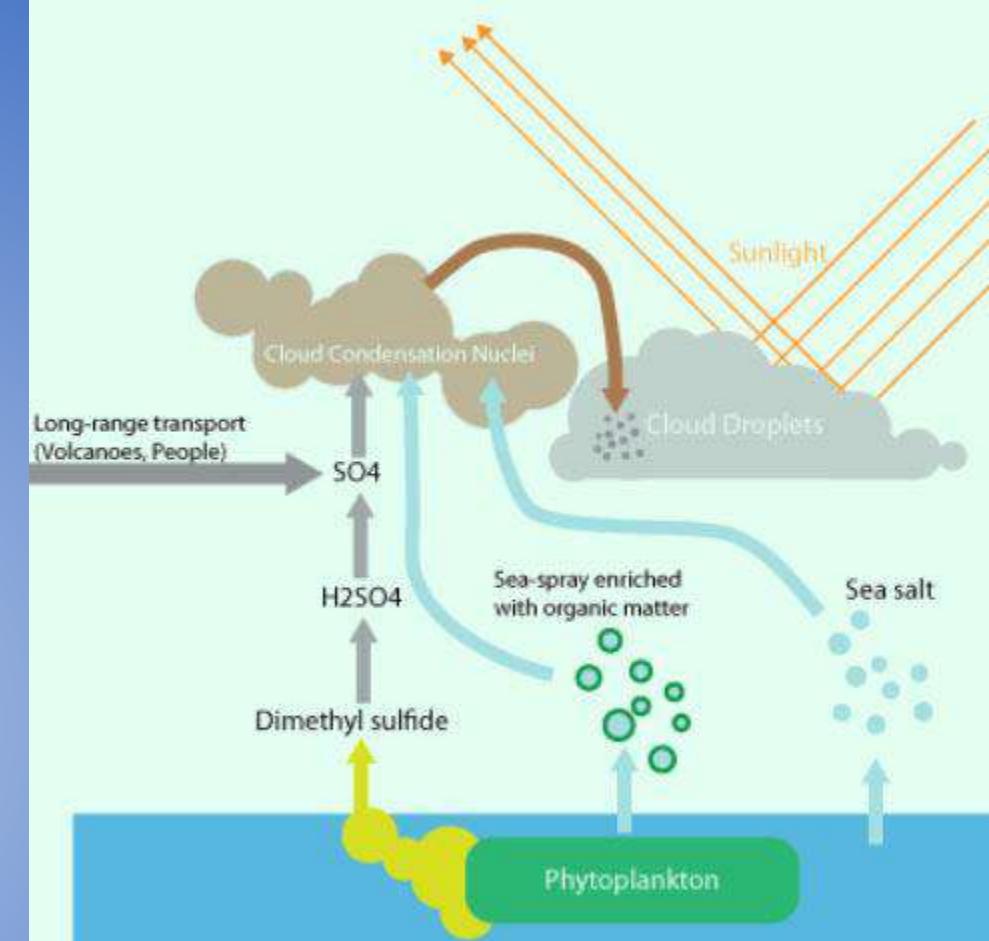


**Stratus**  
albédo : fort  
émission IR : forte  
effet : très refroidissant  
 $-149 \text{ W/m}^2$

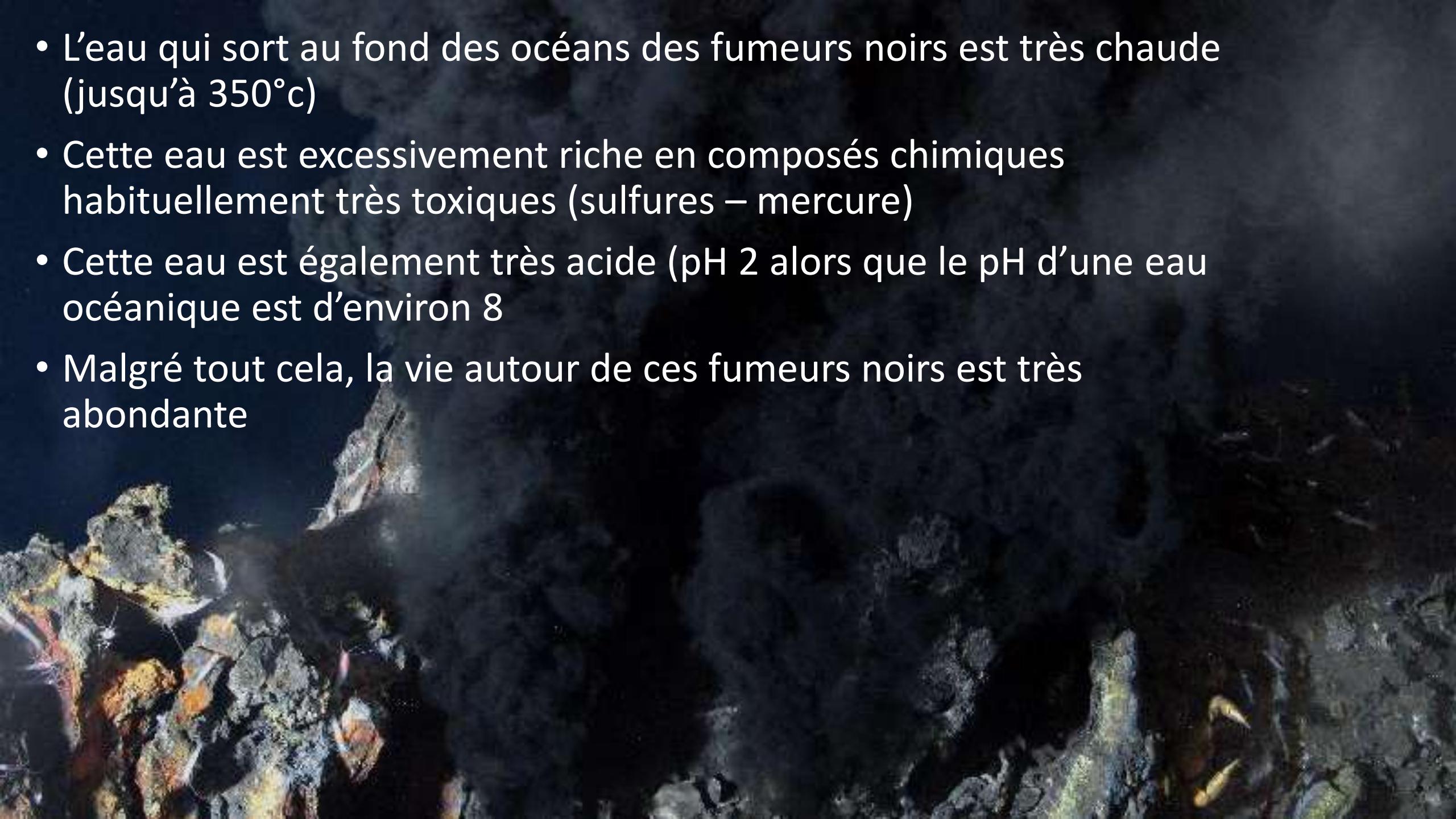
→ Flux solaire (SW)  
→ Flux IR terrestre

# DMS – sulfure de diméthyle

- Quand le soleil brille, le phytoplancton croît rapidement et relâche beaucoup de DMS
- Cette quantité de DMS produit des nuages, qui en faisant de l'ombre abaissent la température terrestre, ce qui induit une diminution de l'insolation et donc un ralentissement de la croissance du phytoplancton
- La production biologique s'atténue donc et par conséquent, la quantité de DMS aussi
- Il y a alors moins de nuages et la température croît de nouveau
- Il s'agit d'une rétroaction négative
- Le cycle se poursuit de manière autorégulée



- L'eau qui sort au fond des océans des fumeurs noirs est très chaude (jusqu'à 350°C)
- Cette eau est excessivement riche en composés chimiques habituellement très toxiques (sulfures – mercure)
- Cette eau est également très acide (pH 2 alors que le pH d'une eau océanique est d'environ 8)
- Malgré tout cela, la vie autour de ces fumeurs noirs est très abondante



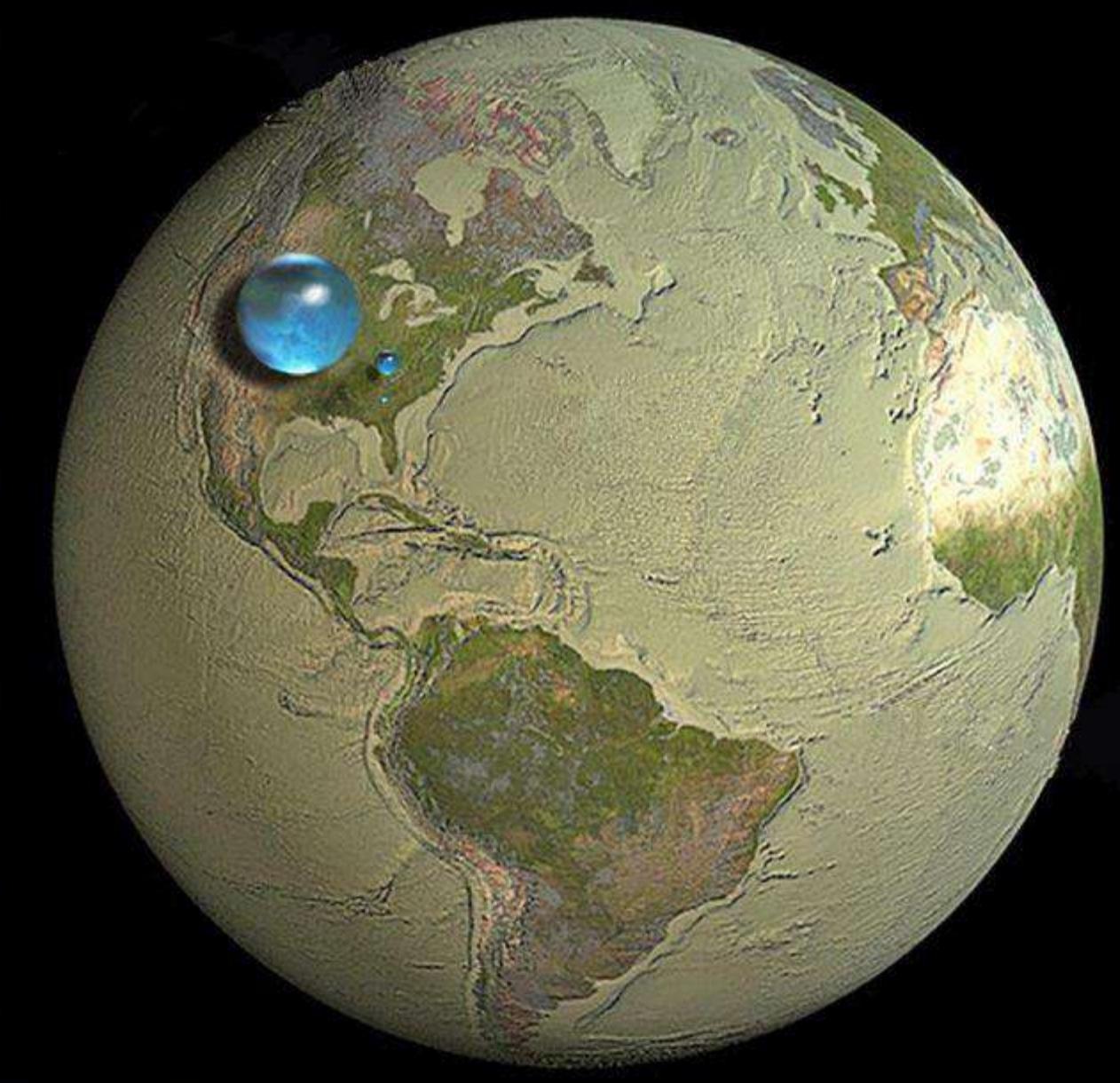
- 
- Les micro-organismes qui vivent dans ces milieux utilisent l'énergie des sels ou des gaz dissous pour remplir la même fonction que la photosynthèse chez les végétaux
  - Ils forment ainsi le premier maillon de la chaîne alimentaire, dont se nourrissent les consommateurs primaires de ces milieux extrêmes

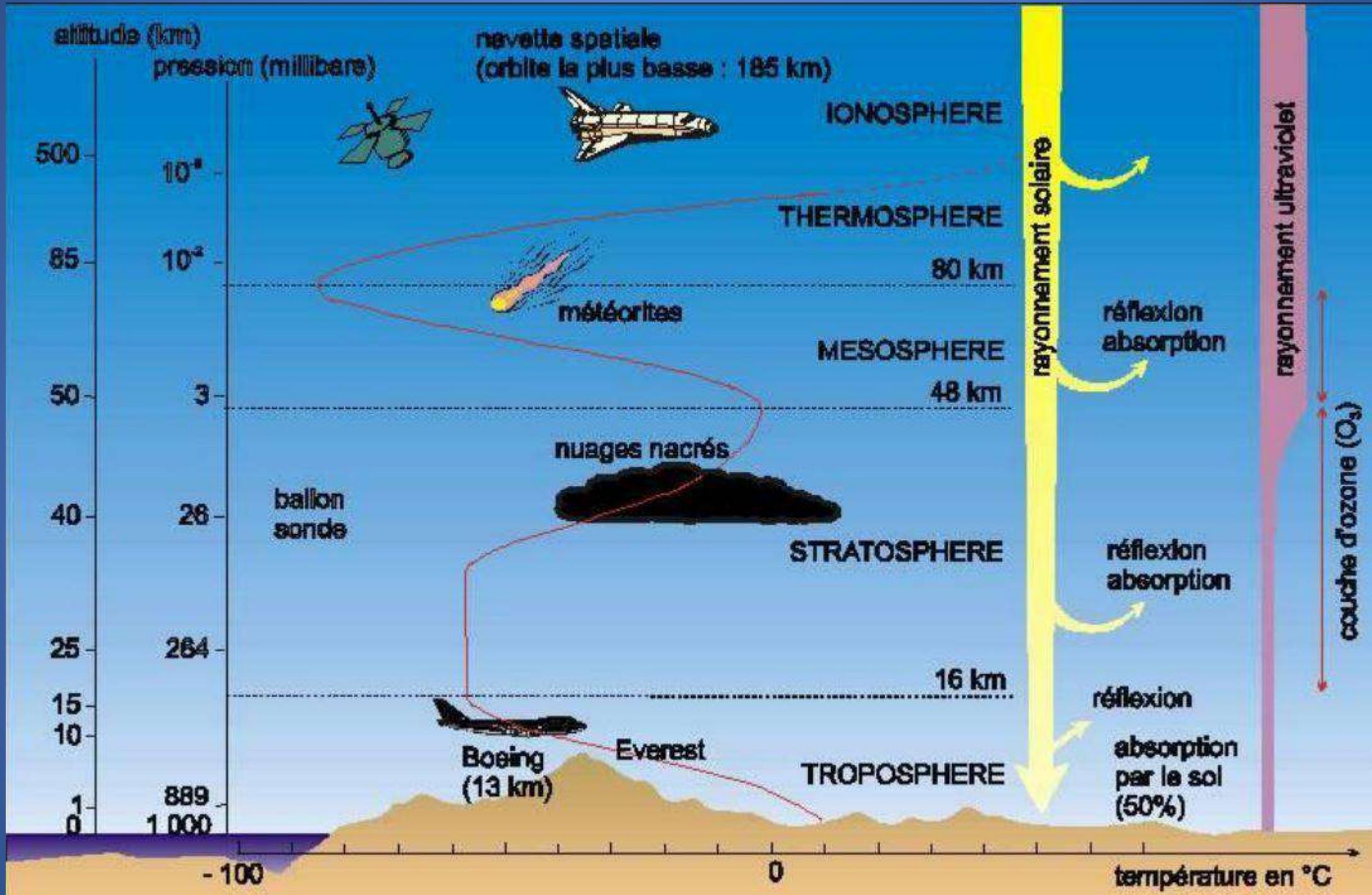
•Riftia



- *Calyptogena*
- Elles se nourrissent de bactéries qui puisent leur énergie dans l'hydrogène sulfuré







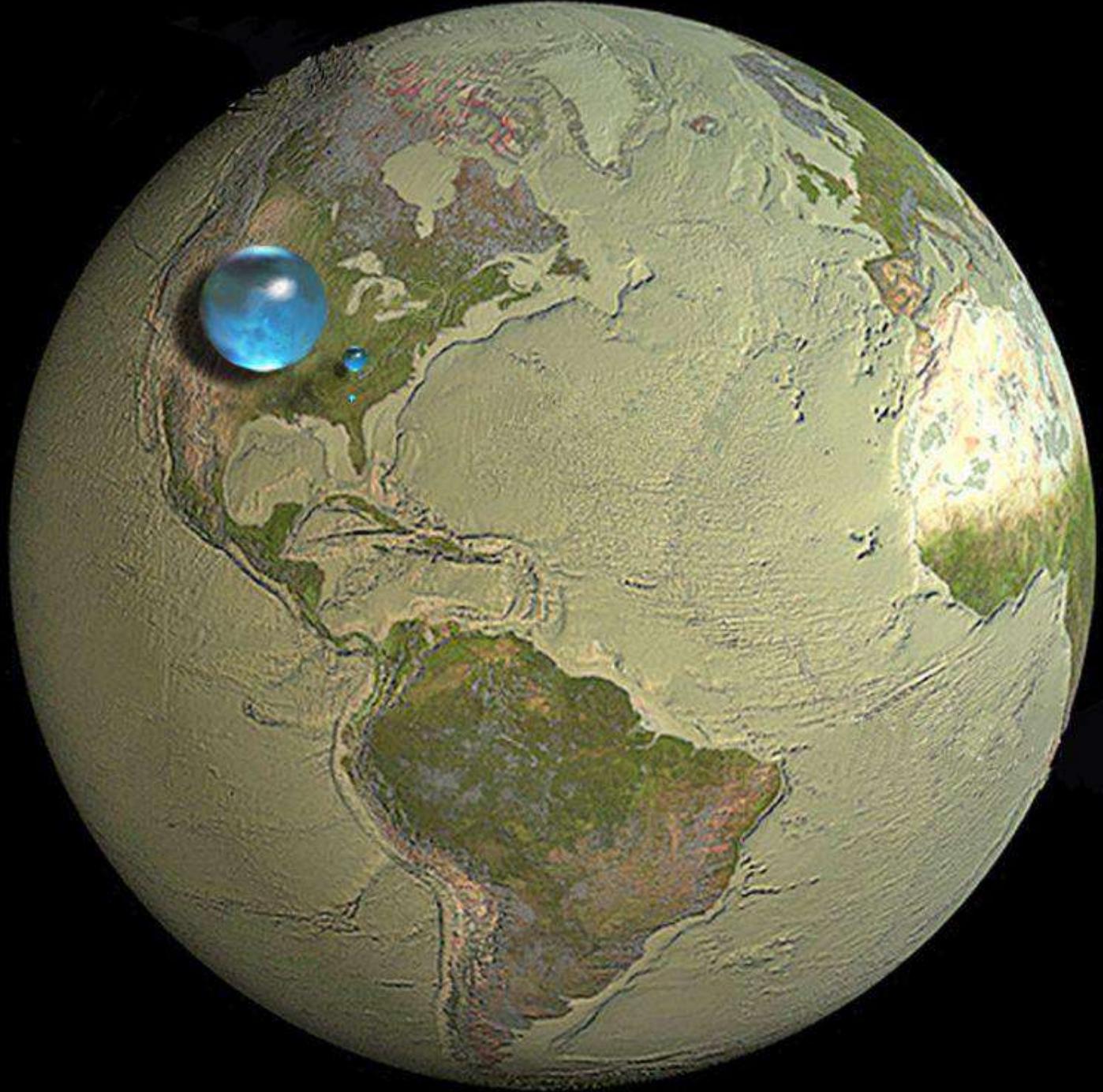
L'atmosphère a une épaisseur  
de 100km uniquement!



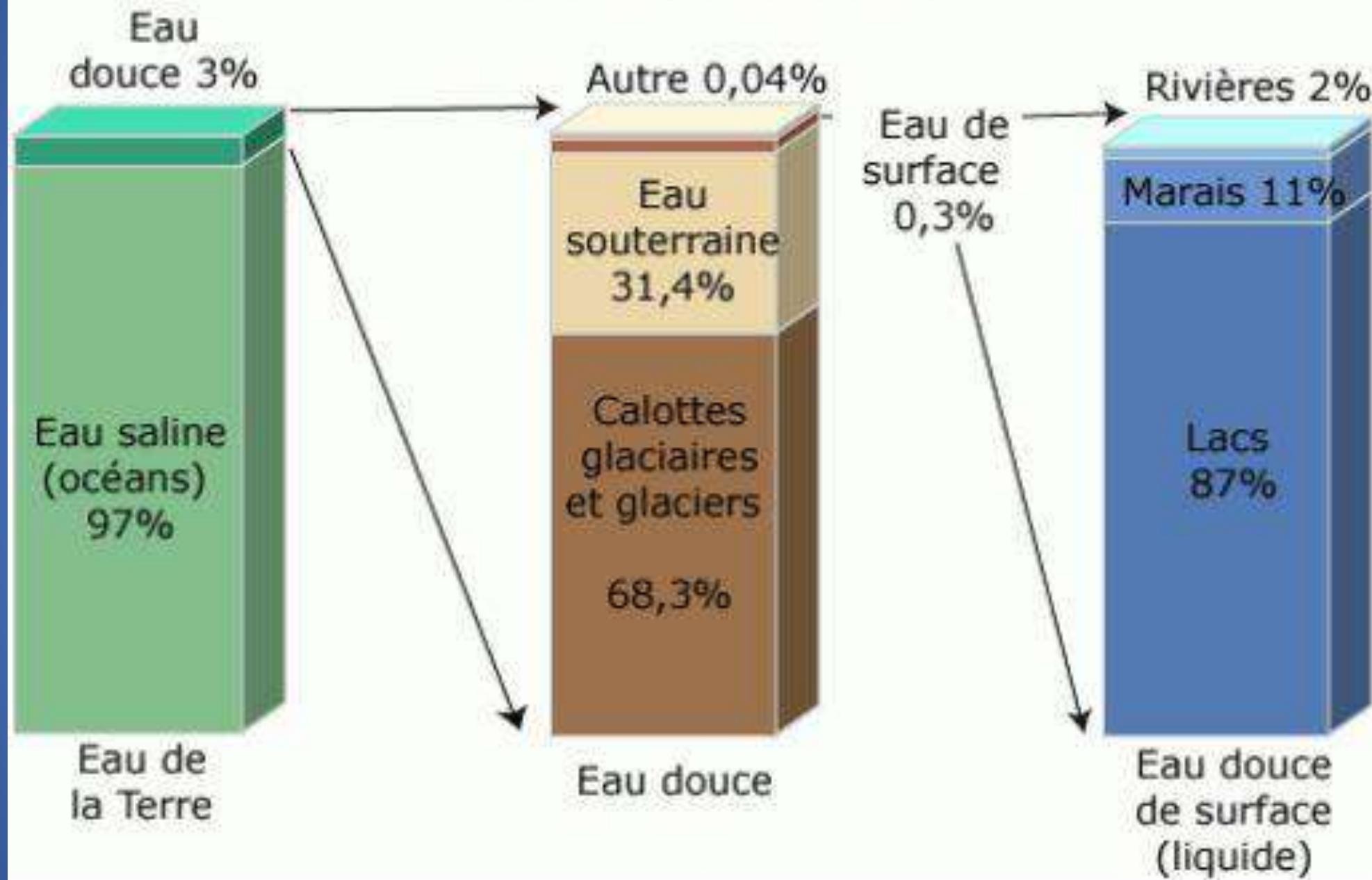
La Terre a un rayon de  
6400km



- 97 % de l'eau est salée
- 2,99 % est sous forme de glace ou inaccessible
- 0,01 % Somme des rivières, lacs, humidité de la terre, vapeur de l'atmosphère



## Répartition de l'eau



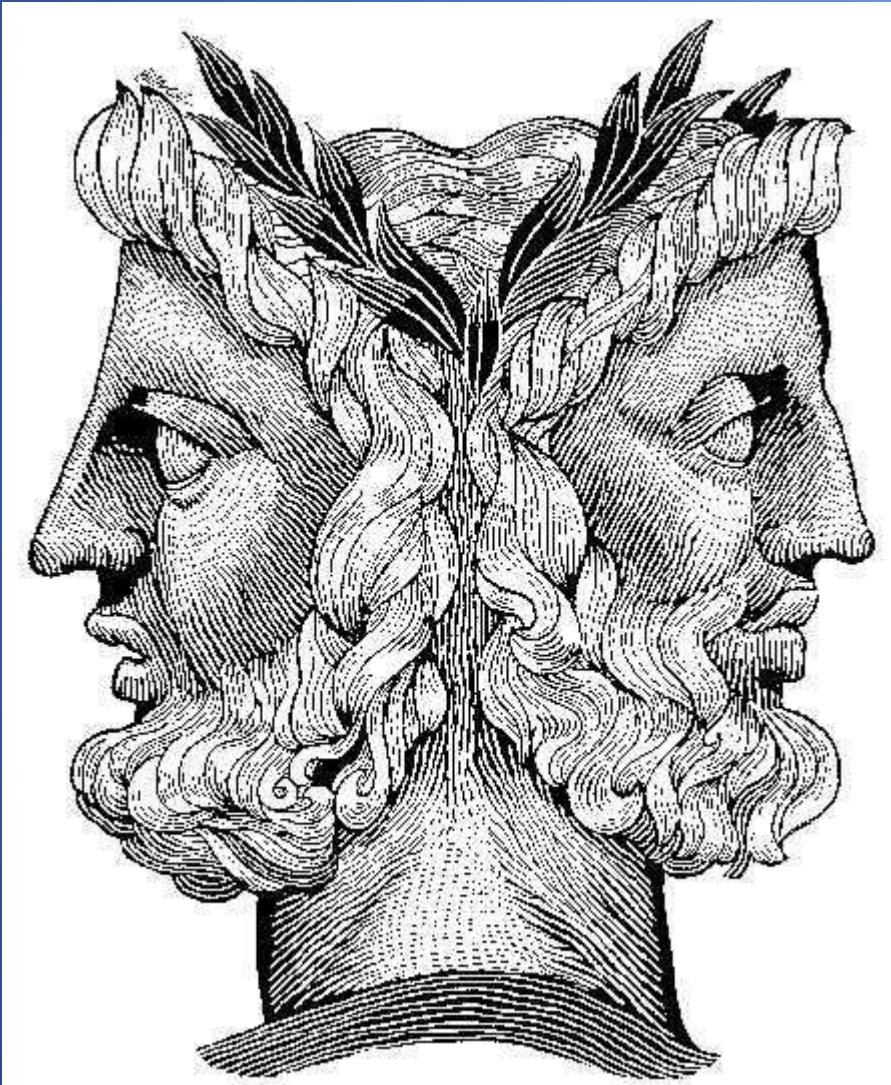
- L'eau ne manquera pas pour l'usage domestique qui représente de tous petits volumes (cependant pas certain qu'elle arrive encore au robinet)
- **L'accès à l'eau potable dont sont privés 2 milliards d'humains n'est pas seulement une question de manque d'eau mais aussi une question de manque de financement**



- La pénurie d'eau concerne surtout l'agriculture et tout ce qui fait notre monde moderne (énergie, industrie, transport etc ...)



# Tel Janus, l'eau si utile à la vie, a deux visages



- L'eau apporte aussi les inondations
- Les maladies transmises par l'eau tuent plus de deux millions d'enfants par an



- Le changement climatique augmentera probablement les précipitations, mais en modifiera la distribution, sans doute plus vite que l'adaptabilité de l'environnement et des hommes

*« A l'échelle cosmique,  
l'eau est plus rare que l'or. »*

**Hubert Reeves**

A cause de sa consommation massive d'énergie depuis deux siècles, l'homme pèse dangereusement sur les équilibres naturels : l'effet le plus visible aujourd'hui est le réchauffement climatique, avec pour conséquence le changement de la répartition de l'eau douce disponible.

De tout le système solaire la Terre est la seule planète où sur des milliards d'années les conditions astronomiques de sa stabilité ont donné à la vie le temps d'apparaître et permis son évolution. Sans l'eau liquide la Terre serait sèche et morte comme Mars. Il n'y a pas de planète de secours.

L'homme, produit assez récent de l'Evolution, est à la fois la cause, mais sera peut-être la solution des problèmes de notre planète malade, s'il parvient à se dépasser lui-même. Mais quand ?

Roland Maret

