

STV

138 AD



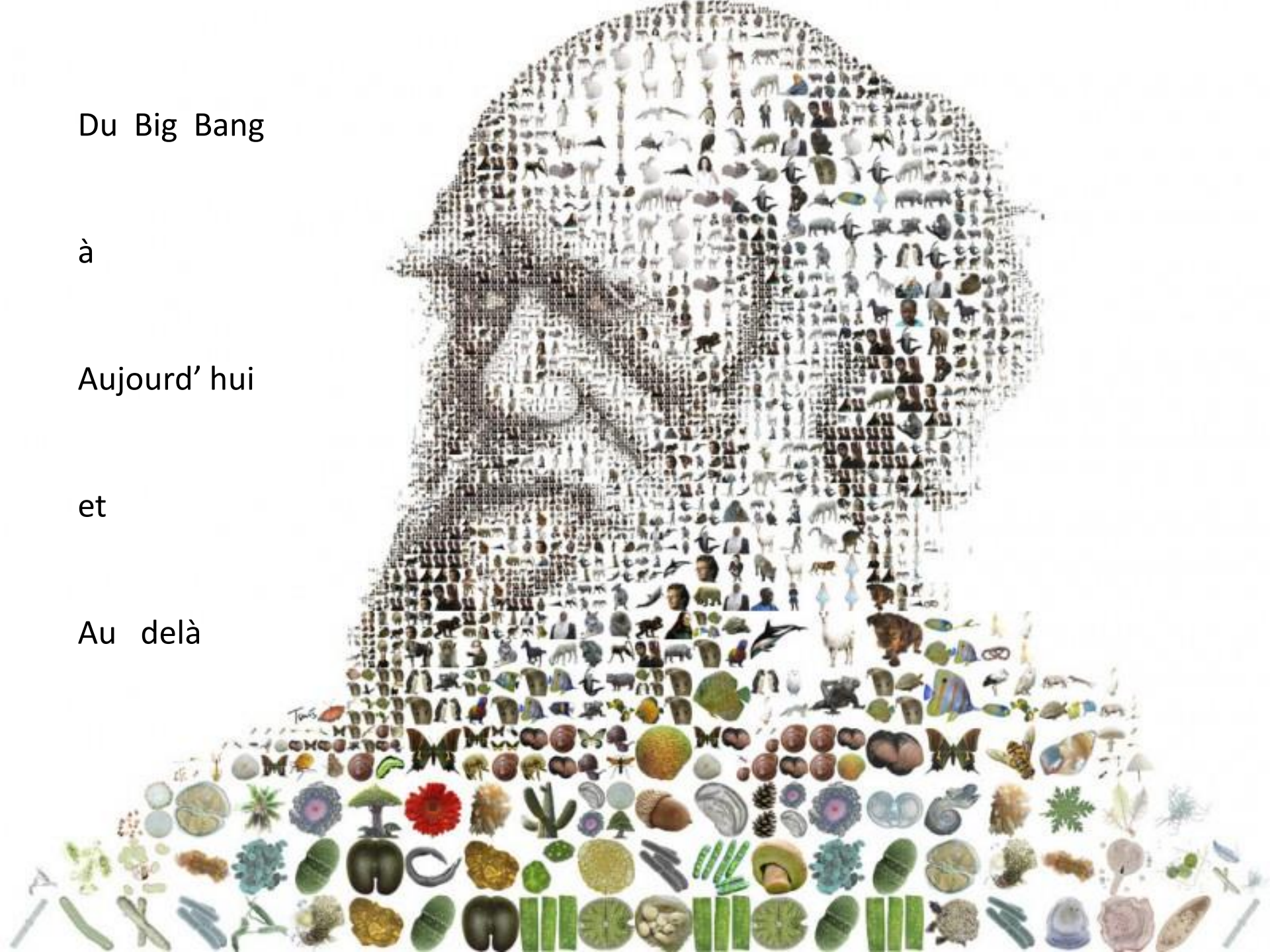
Du Big Bang

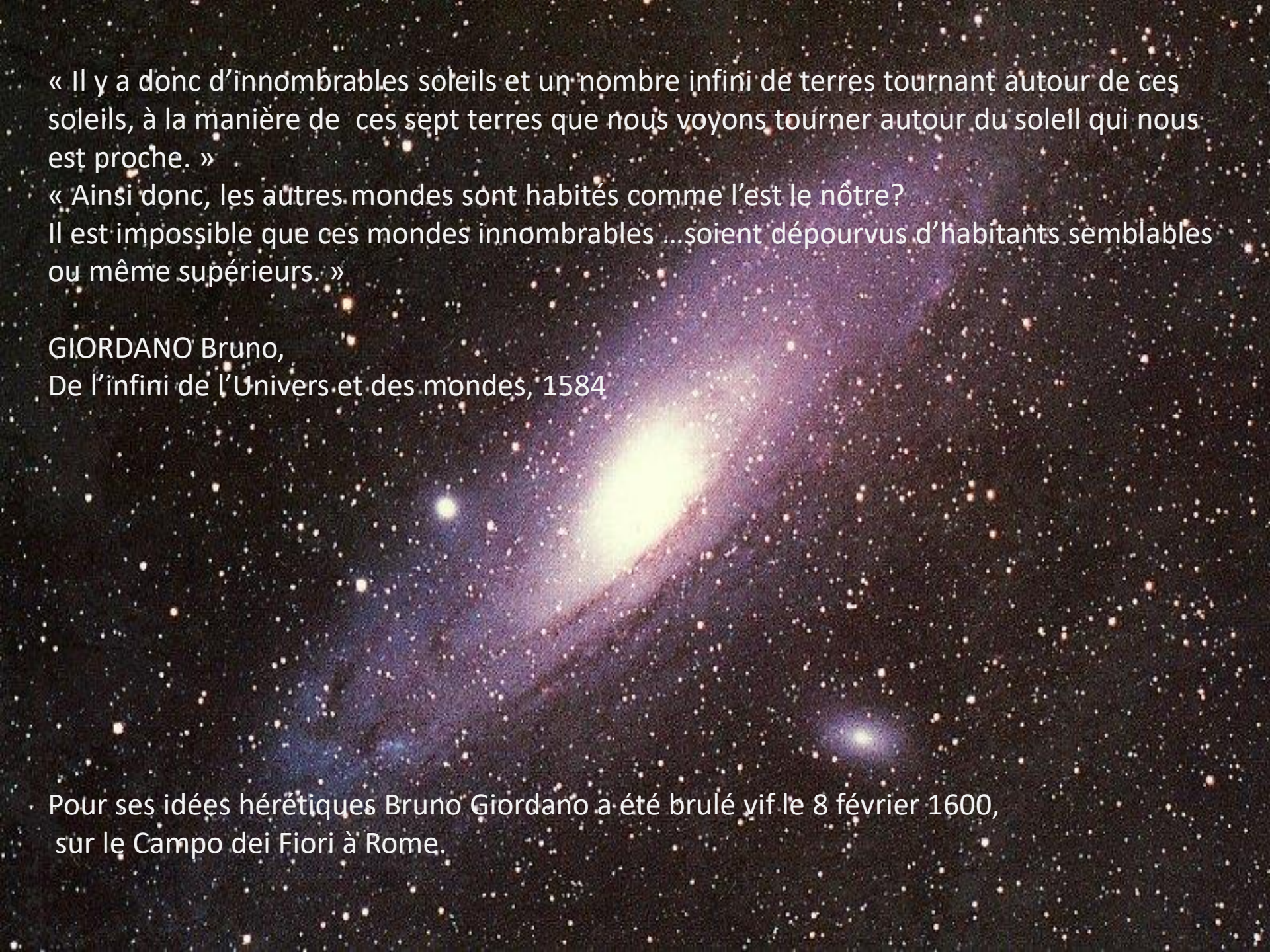
à

Aujourd' hui

et

Au delà





« Il y a donc d'innombrables soleils et un nombre infini de terres tournant autour de ces soleils, à la manière de ces sept terres que nous voyons tourner autour du soleil qui nous est proche. »

« Ainsi donc, les autres mondes sont habités comme l'est le nôtre?

Il est impossible que ces mondes innombrables ...soient dépourvus d'habitants semblables ou même supérieurs. »

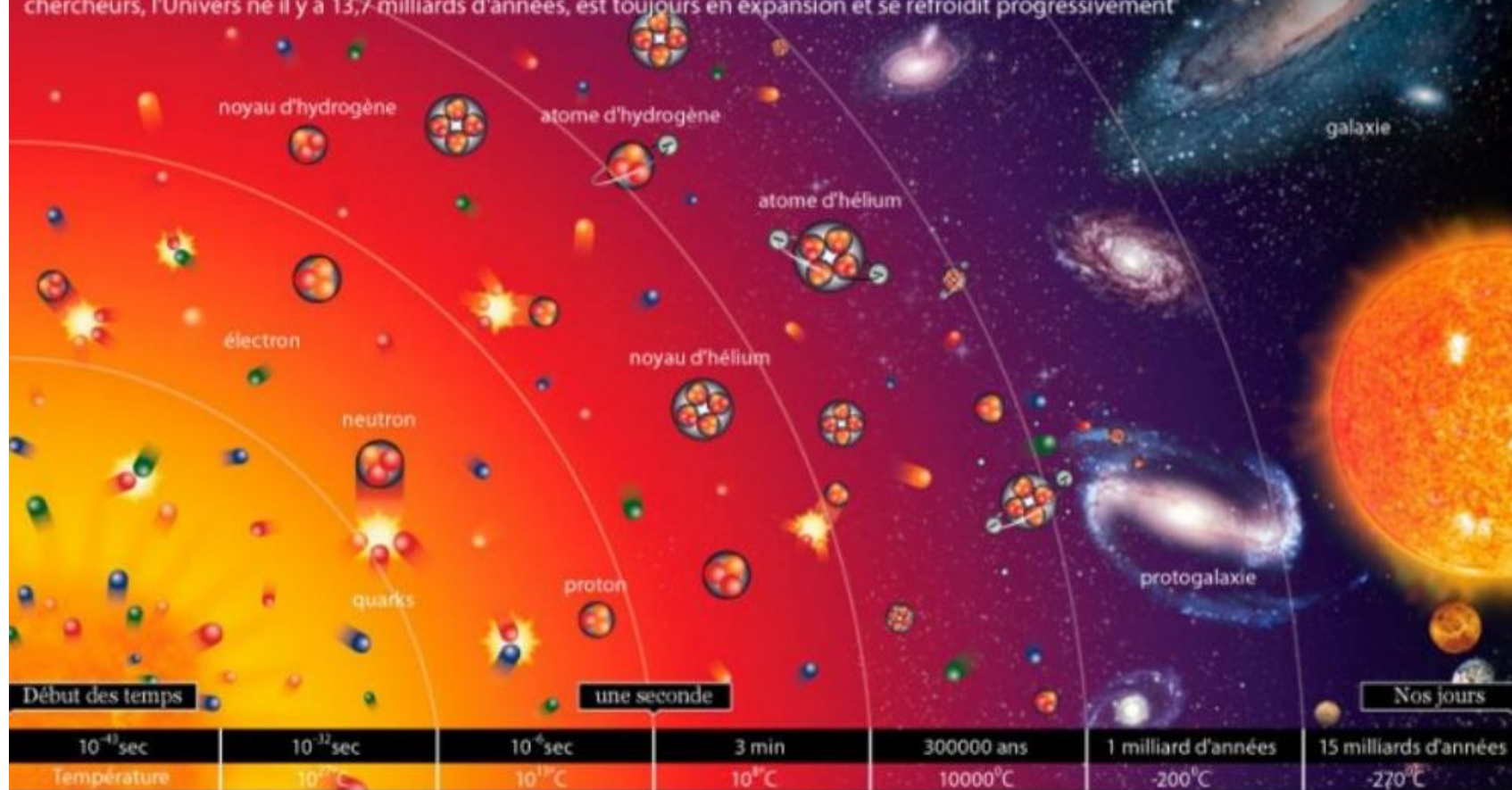
GIORDANO Bruno,

De l'infini de l'Univers et des mondes, 1584

Pour ses idées hérétiques Bruno Giordano a été brûlé vif le 8 février 1600, sur le Campo dei Fiori à Rome.

La théorie du Big Bang: mystères et détails

Le Big Bang est un moment hypothétique de la dilatation de l'Univers qui se trouvait jusqu'alors dans un état de singularité.* Selon les chercheurs, l'Univers né il y a 13,7 milliards d'années, est toujours en expansion et se refroidit progressivement



1 Le volume de l'Univers se multiplie par 1050 en une fraction de seconde. Ce phénomène a été baptisé "inflation de l'Univers"

2 L'inflation se ralentit. L'Univers représente alors une soupe en ébullition d'électrons, de quarks et d'autres particules

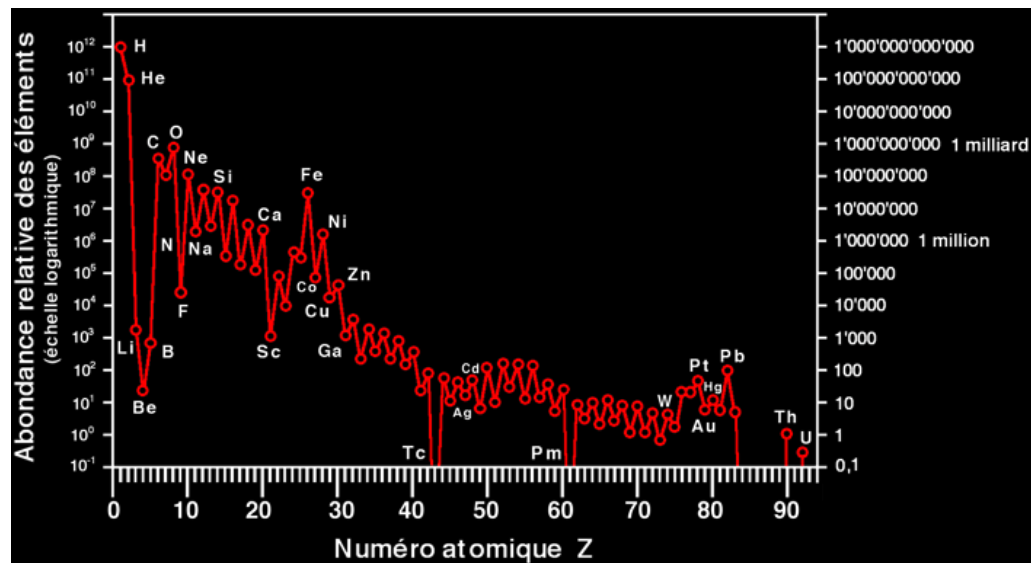
3 L'Univers se refroidit et les quarks forment des protons et des neutrons

4 Trop chauds pour former des atomes, les électrons et les protons empêchent la lumière de se propager. L'Univers est un brouillard brûlant

5 Les électrons, les protons et les neutrons forment des atomes, le plus souvent d'hydrogène et d'hélium

6 L'hydrogène et l'hélium forment des "nuages" géants qui deviendront plus tard galaxies. Des petites accumulations de gaz feront naître les premières étoiles

7 Les galaxies se regroupent en amas. Les premières étoiles disparaissent en éjectant des éléments lourds qui forment de nouvelles étoiles et des planètes



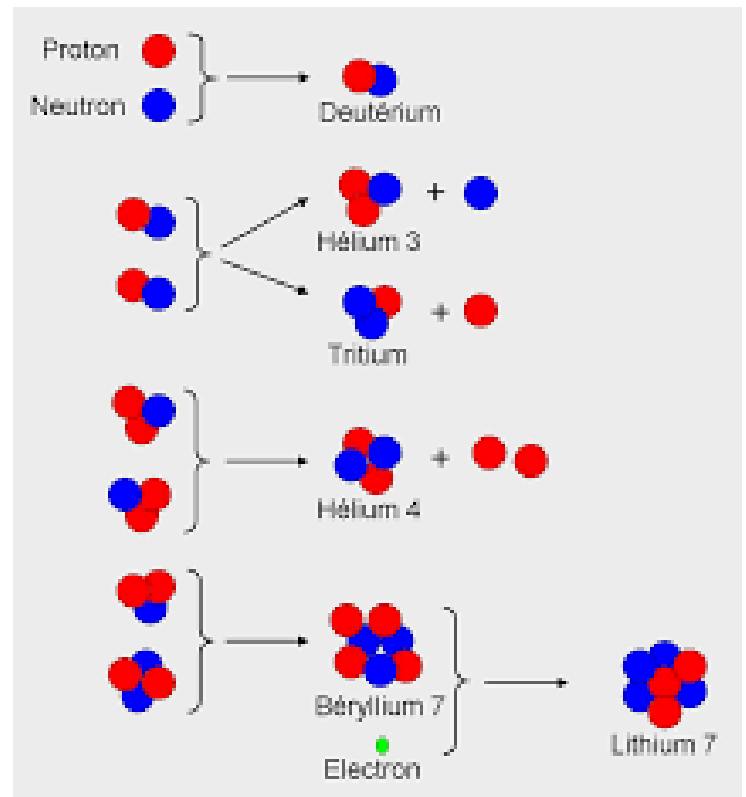
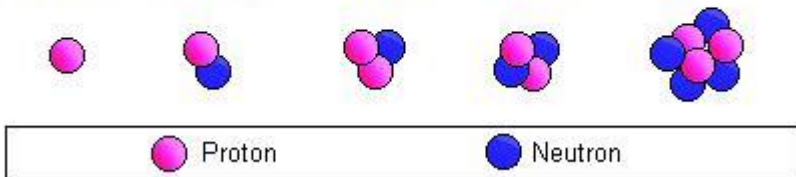
hydrogène	1000000	74.4 %
hélium	80000	23.8 %
oxygène	700	0.83 %
carbone	400	0.35 %
azote	100	0.15 %
néon	100	0.15 %
silicium	40	0.08 %
fer	30	0.12 %
magnésium	30	0.05 %
soufre	20	0.04 %
aluminium	3	
sodium	2	
nickel	2	
calcium	2	
argon	1	
les autres	2	

La nucléosynthèse

Les premiers éléments

L'hydrogène, qui est le plus simple des éléments, n'est formé que d'un proton.

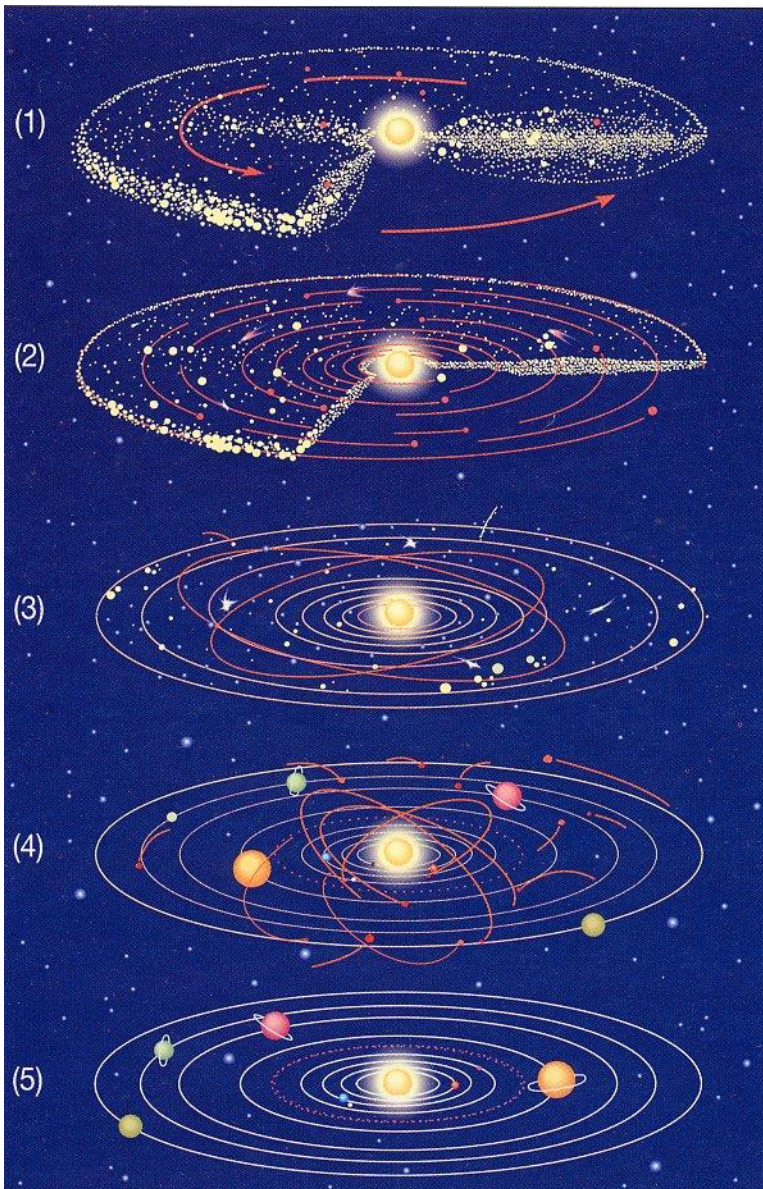
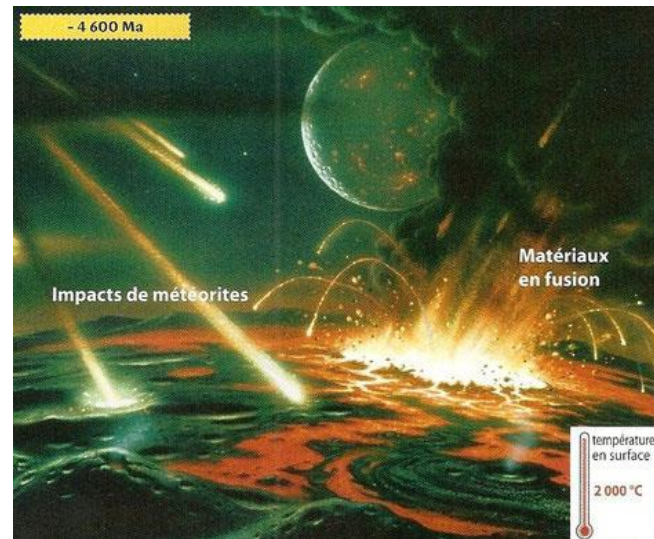
Hydrogène Deutérium Hélium3 Hélium4 Lithium7



La formation du système solaire

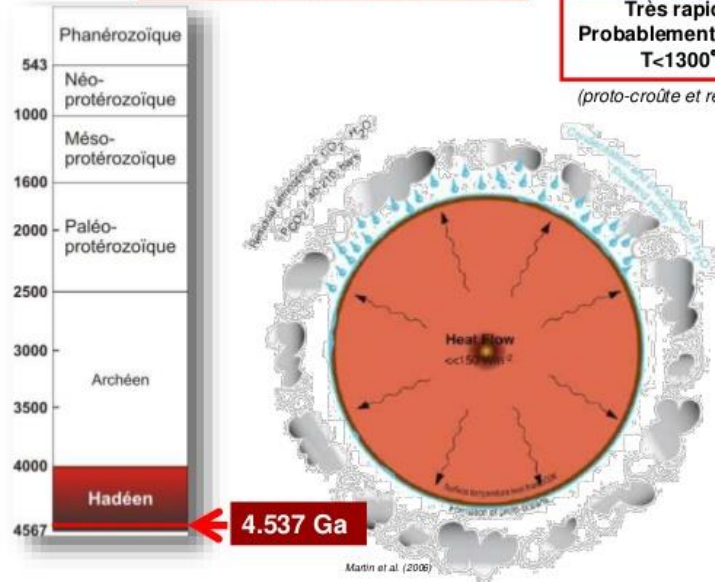
La Terre s'est formée il y a 4 600 millions d'années par collision et agglomération de poussières, de blocs et de corps célestes semblables aux météorites.

Au début de son histoire, la Terre est une sphère de matériaux en fusion et les météorites pleuvent sans discontinuer.



La dégazage de l'atmosphère La condensation des océans

Très rapide !!!
Probablement < 400 Ma
 $T < 1300^{\circ}\text{C}$
(proto-croûte et refroidissement)



Martin et al. (2006)

Différentiation de la Terre primitive

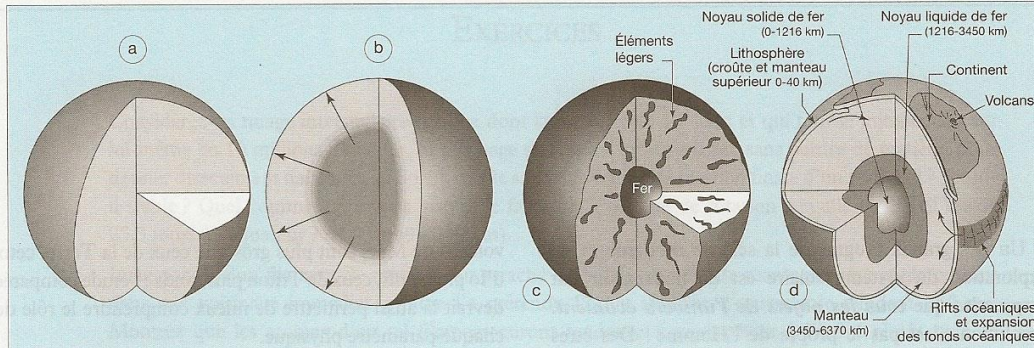
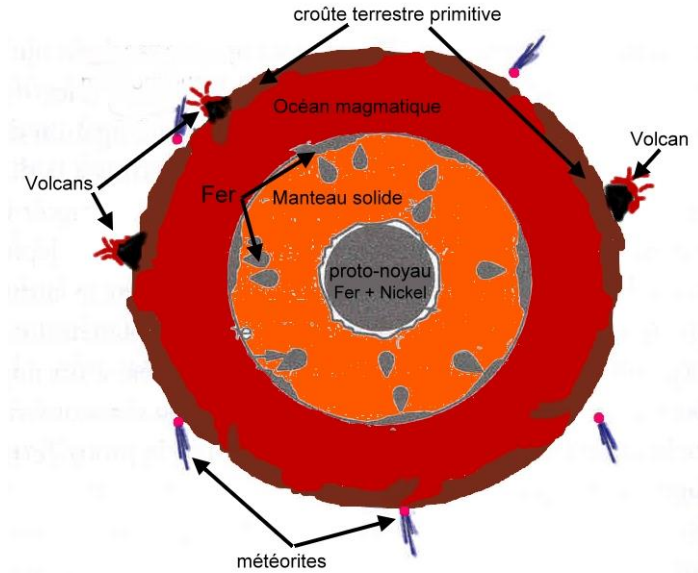
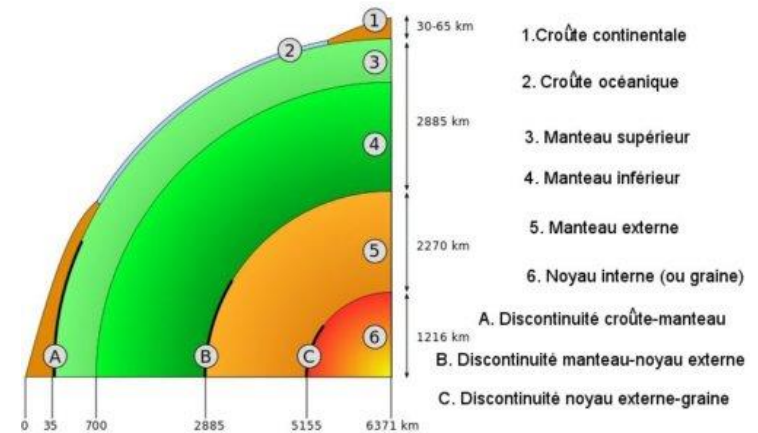
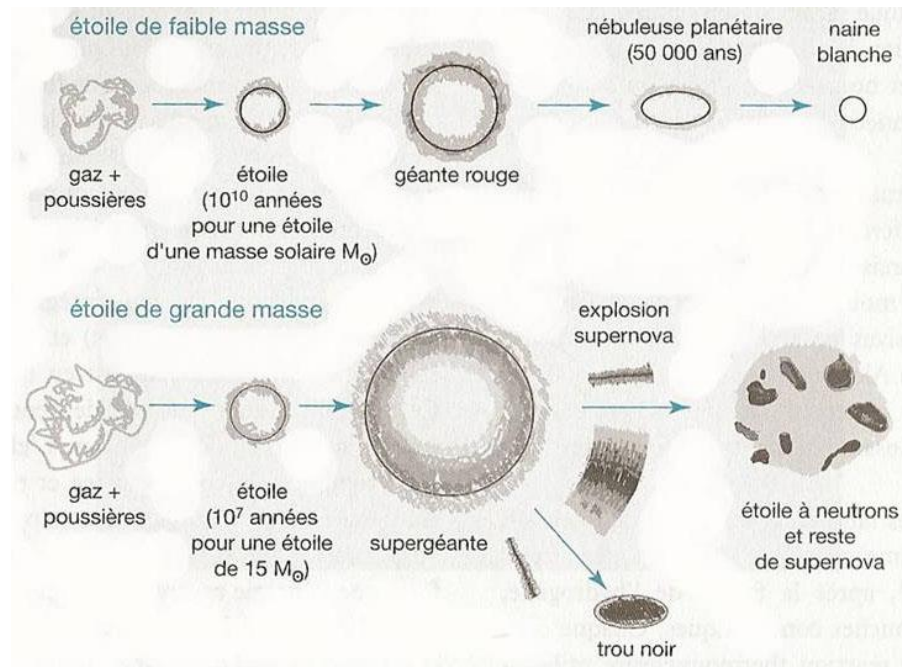
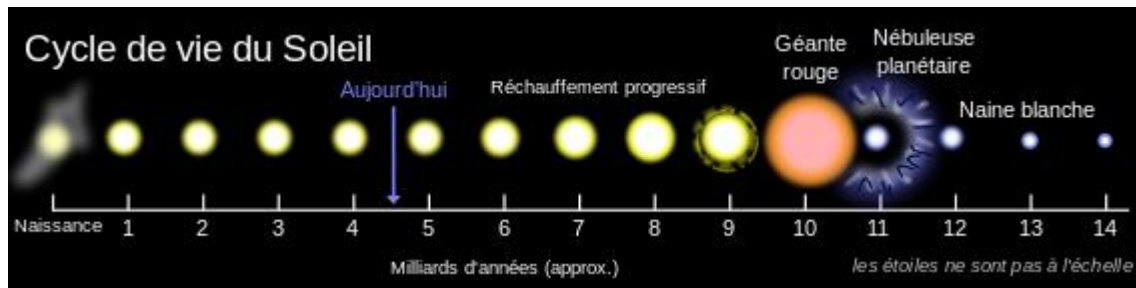
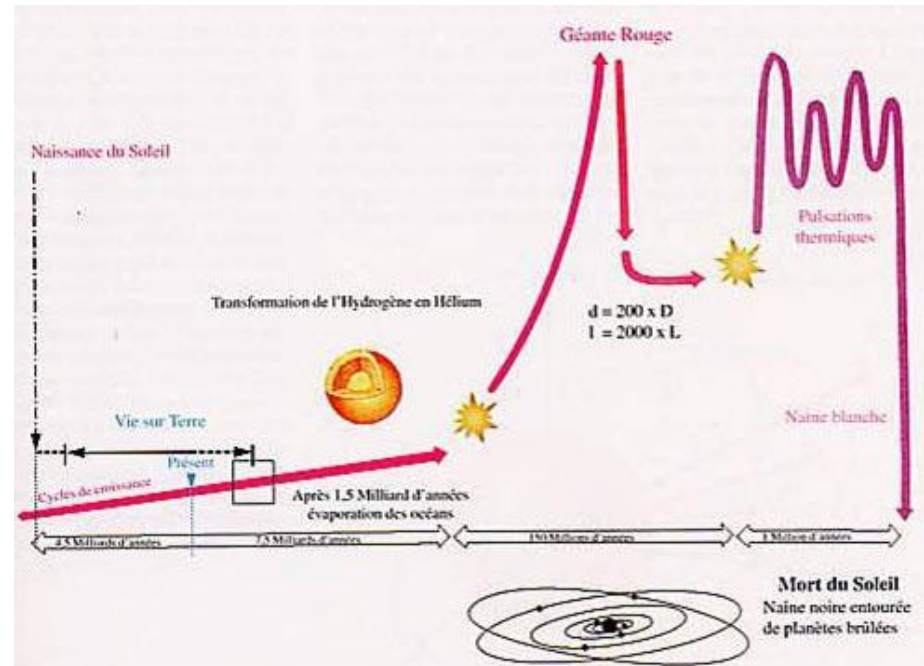


FIGURE 3.1. LE PROCESSUS DE DIFFÉRENCIATION. (a) La Terre primitive était un corps homogène sans continents ni océans. (b) Le bombardement primitif, la contraction gravitationnelle initiale et la radioactivité naturelle en ont fait un corps très chaud et, quelques dizaines de millions d'années après sa formation, elle était en grande partie fondue. (c) Au sein de ce corps chaud, en grande partie liquide, la différenciation a commencé. Le fer et les éléments les plus lourds sont tombés au centre tandis que les éléments les plus légers montaient à la surface pour former une croûte flottant sur un milieu plus dense. (d) La Terre est aujourd'hui une planète formée de couches concentriques avec un noyau dense, une croûte formée d'éléments légers et un manteau intermédiaire au sein duquel la chaleur est transportée, par convection. La croûte est fragmentée en plaques rigides qui se déplacent lentement les unes par rapport aux autres. Les autres planètes sont elles aussi différenciées.





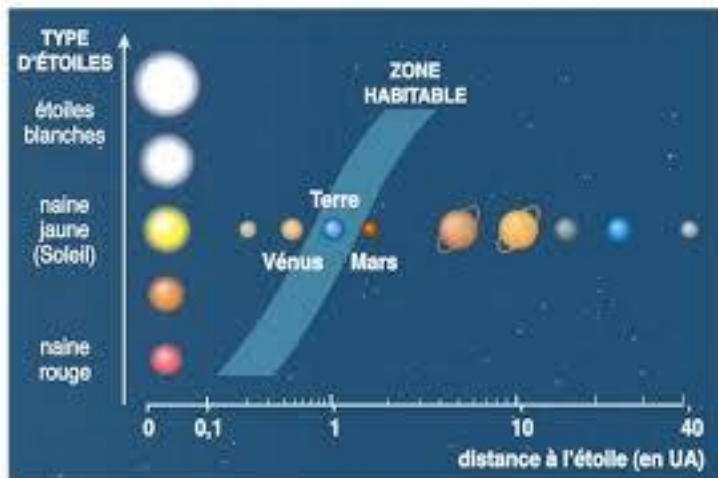
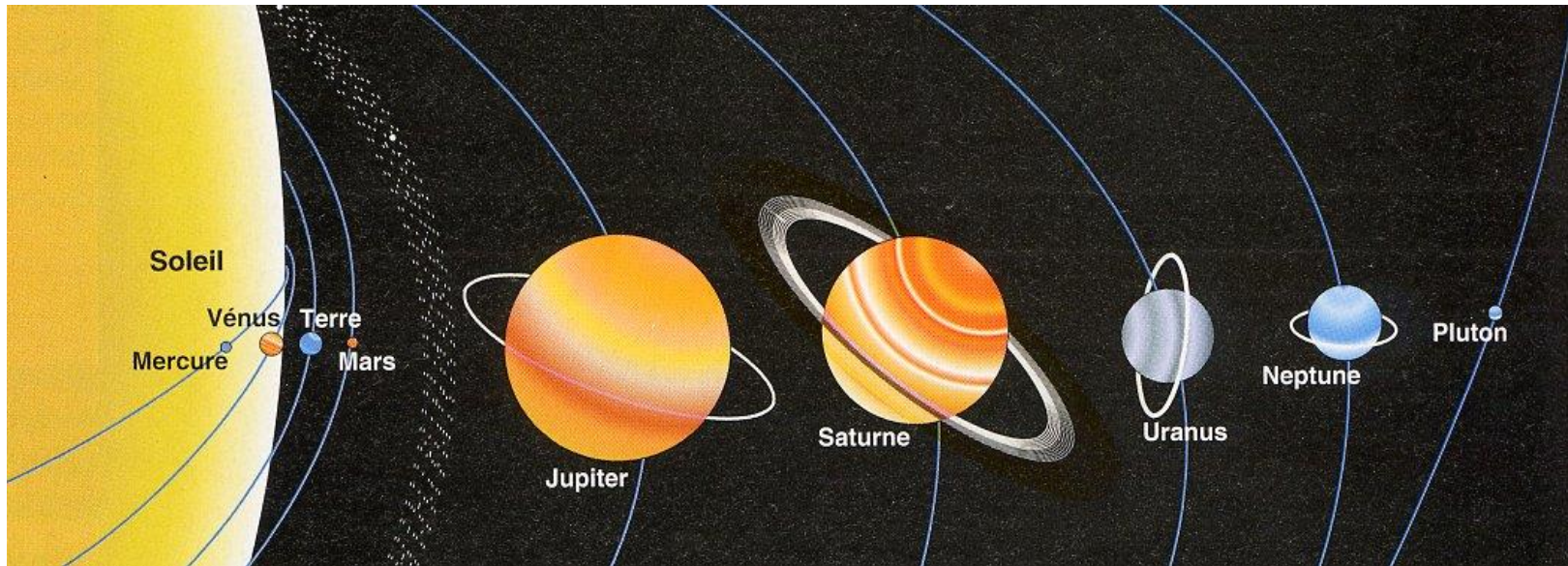
L'évolution des étoiles en fonction de leur masse



Les étoiles légères évoluent jusqu'à l'état de naine blanche et peu d'éléments chimiques sont produits par nucléosynthèse.

Les étoiles massives, plus chaudes forment tous les éléments jusqu'au fer et finissent sous forme de supernova

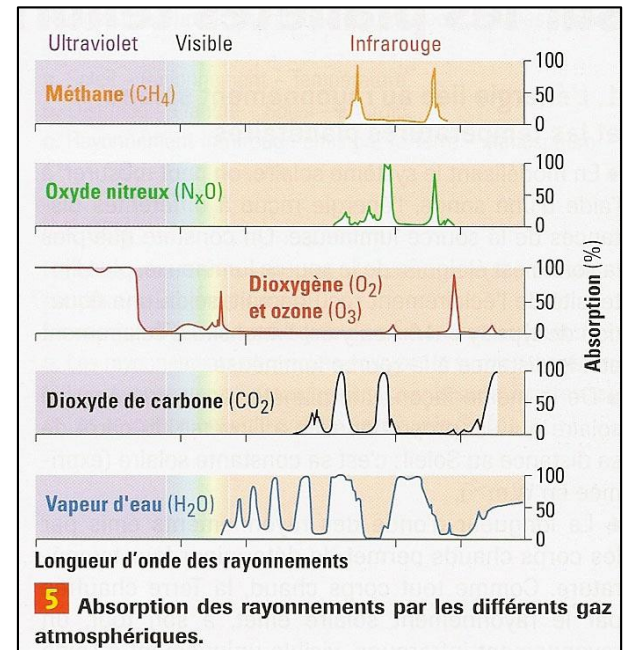
La fenêtre d'habitabilité



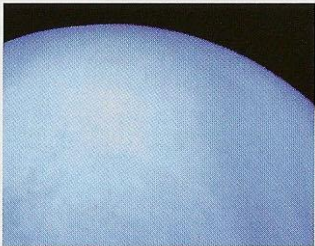
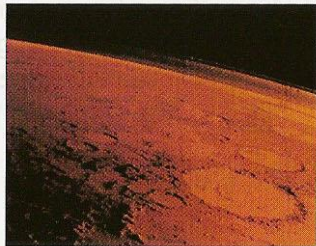
Températures calculées et mesurées sur quelques planètes et satellites du système solaire

	Mercure	Vénus	Terre	Lune	Mars	Titan
Distance au Soleil (ua)	0,387	0,723	1	1	1,524	10
Température théorique (°C)	140	40	-17	-18	-60	-210
Température réelle moyenne à la surface (°C)	140	450	15	-18	-50	-180

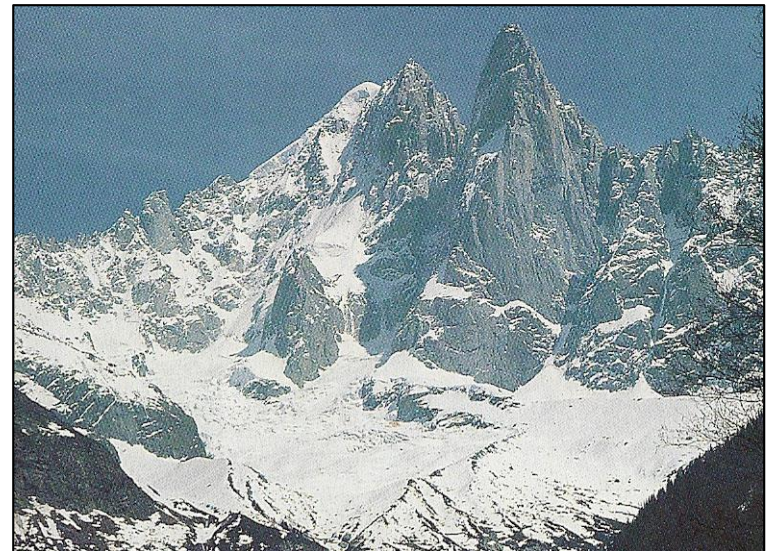
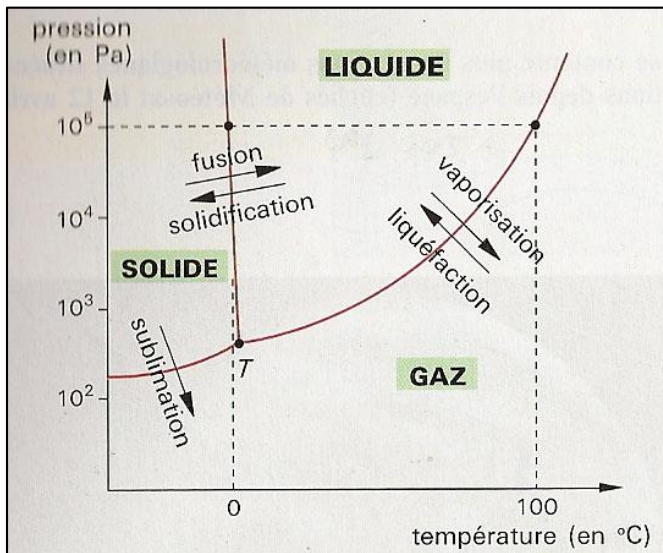
L'effet de serre



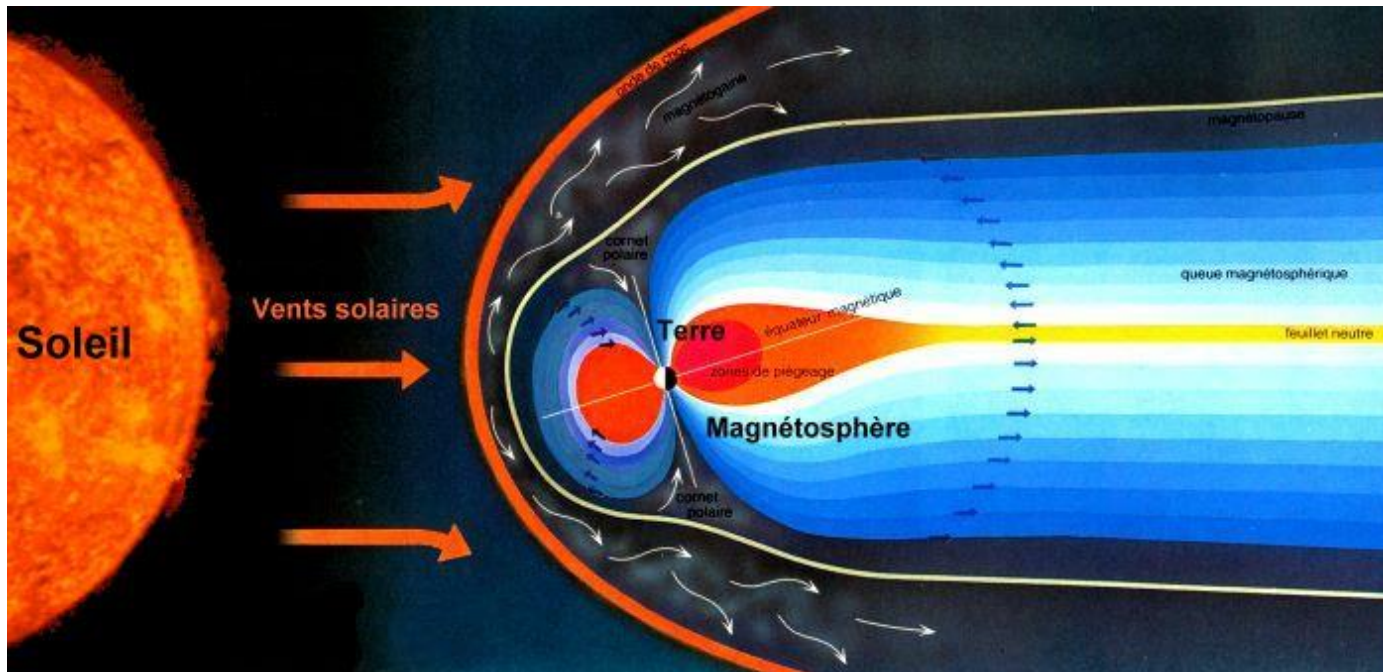
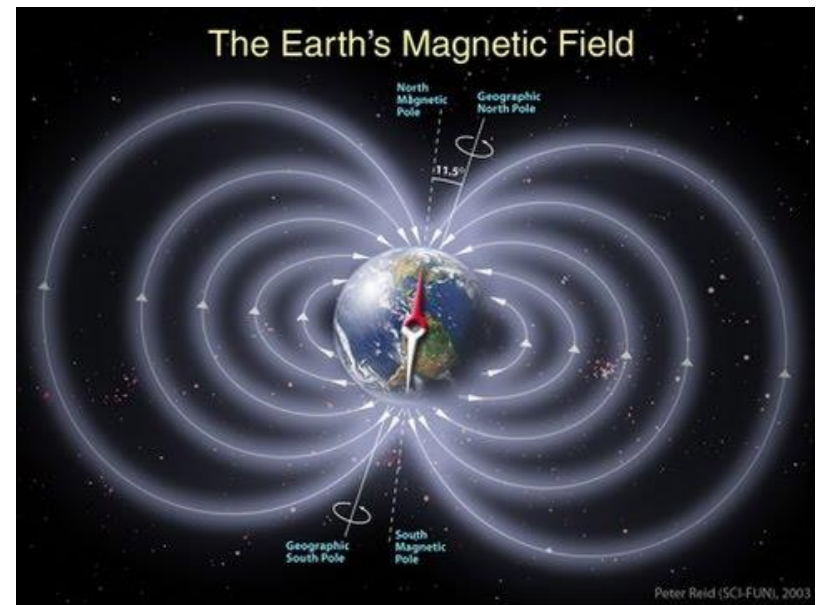
* La température théorique indiquée dans le tableau correspond à la température, calculée par les astrophysiciens, qui régnerait à la surface d'une planète si celle-ci était totalement dépourvue d'atmosphère.

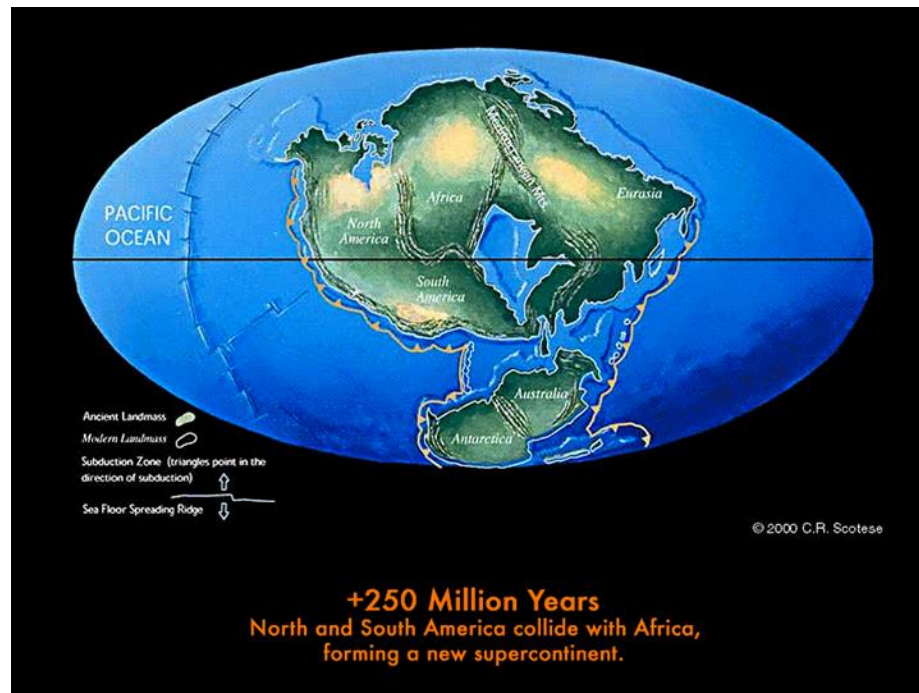
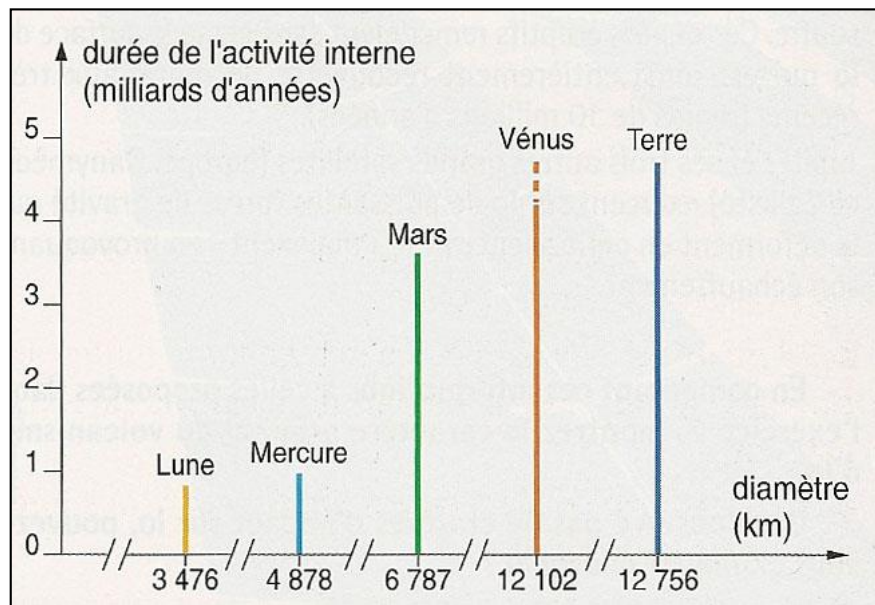
	Vénus	Terre	Mars
			
P. atmosphérique par rapport à P. atmosphérique terrestre	93	1	1/140
Composition de l'atmosphère (en %, H_2O non compris)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_2 \\ \text{N}_2 \\ \text{O}_2 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 96 \\ \approx 79 \\ \approx 21 \\ 1 \text{ à } 3 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 95 \\ 5 \\ - \\ \text{traces} \end{array} \right.$
T moy. de surface	475 °C	15 °C	- 55 °C
T moy. « théorique »*	155 à 160 °C	- 18 °C	- 61 °C

L'eau sur Terre

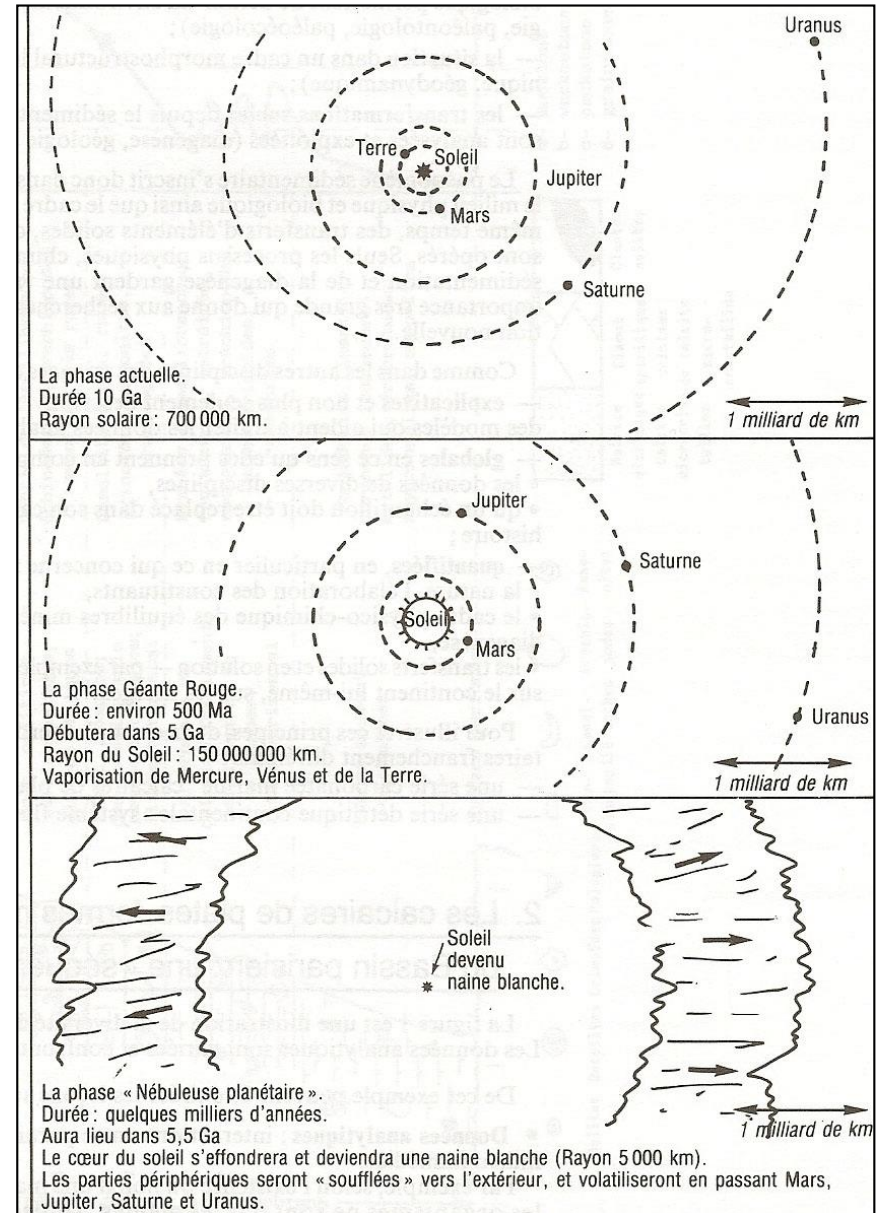


Le bouclier magnétique

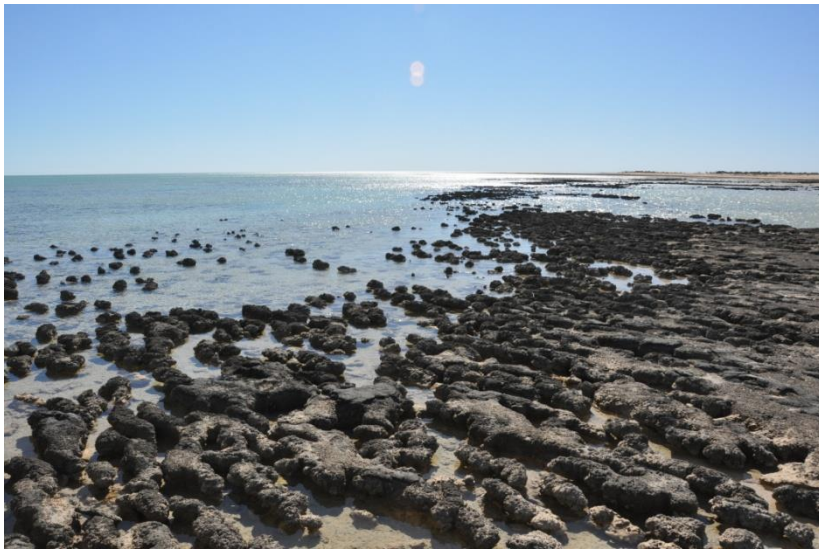




Futur géologique et cosmique de la Terre



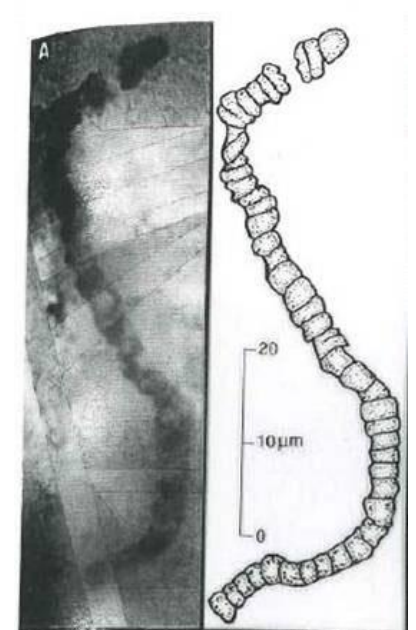
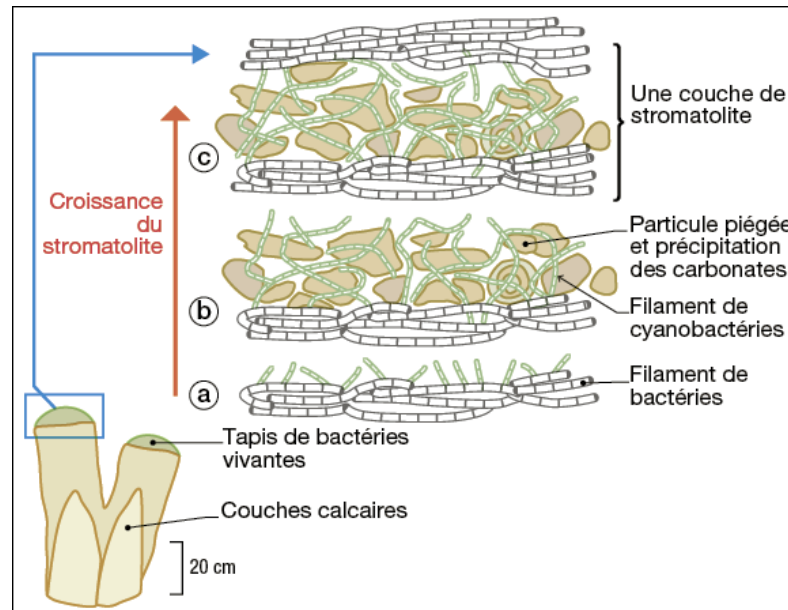
Les plus anciennes formes de vie



Stromatolithes Shark Bay Australie

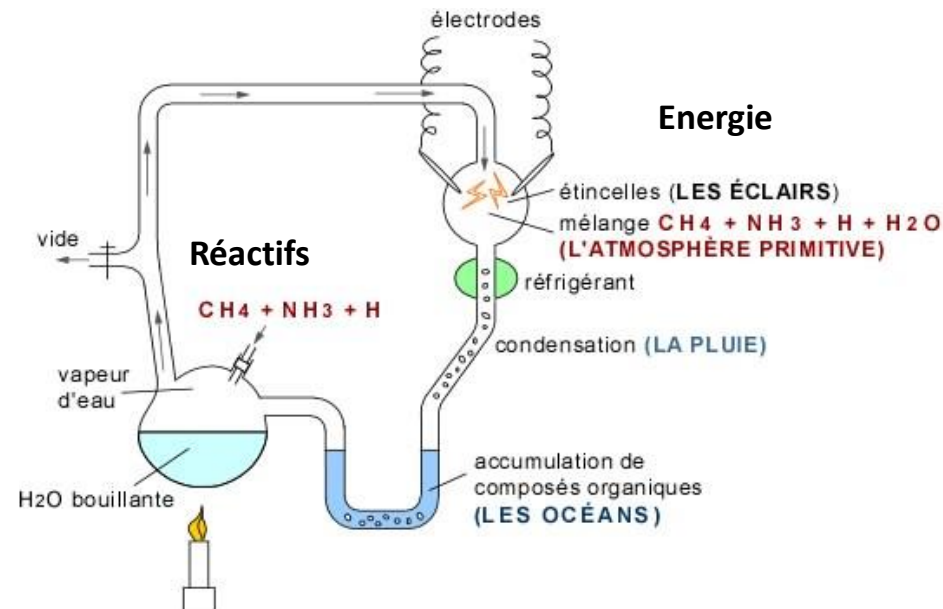
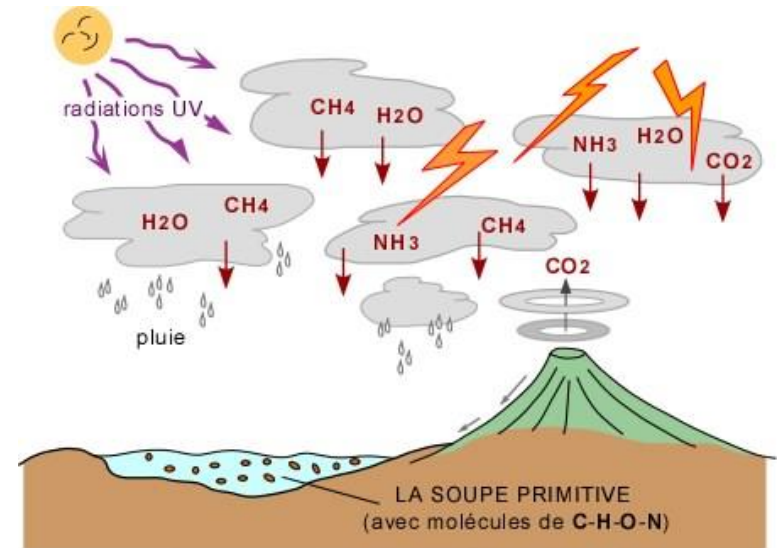
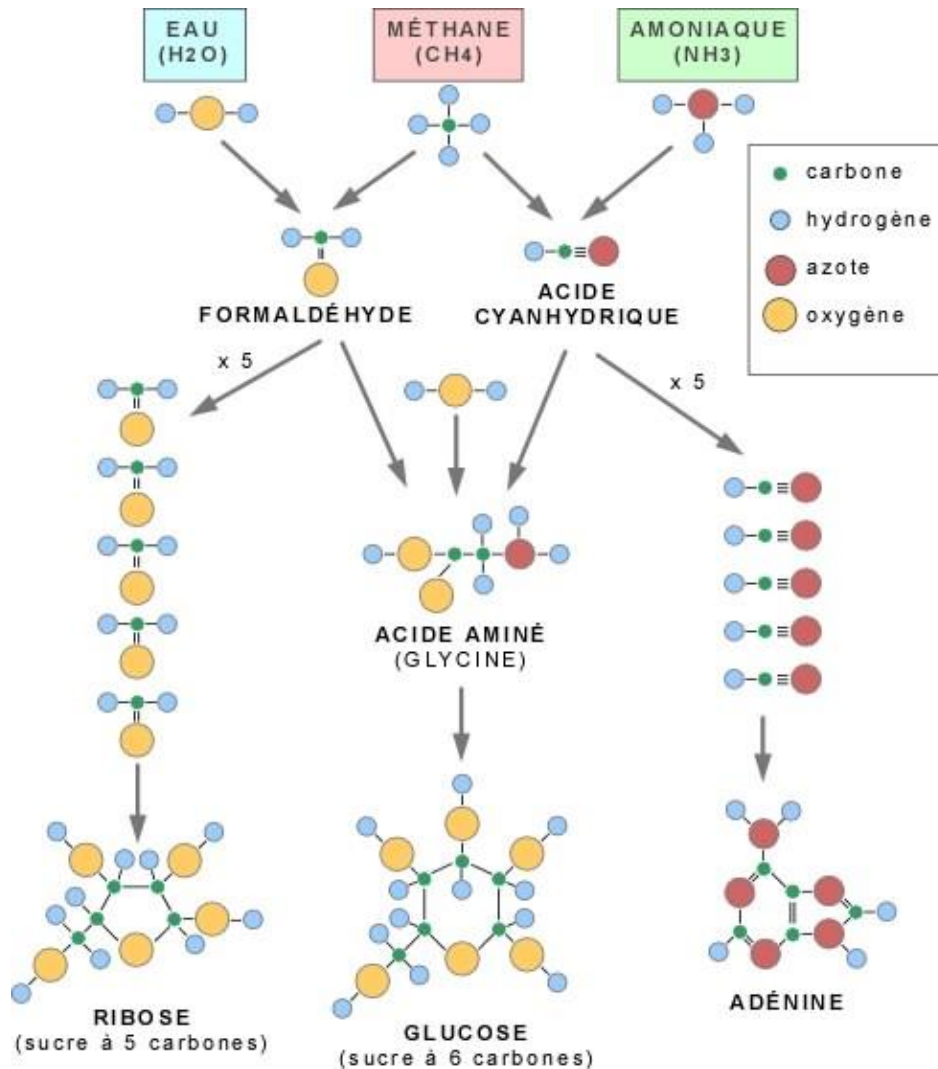


Stromatolithe fossilisé 3,5 milliards d'années
Marble Bar Australie



La chimie pré biotique: synthèse de monomères

Au moment de la formation de la terre, il y a 4,55 Ga, il s'est établie une relation entre la Terre (T) et le Soleil (S), une relation qu'Oparine et Haldane comparent à une réaction chimique.



La polymérisation: rôle catalyseur des métaux et des argiles

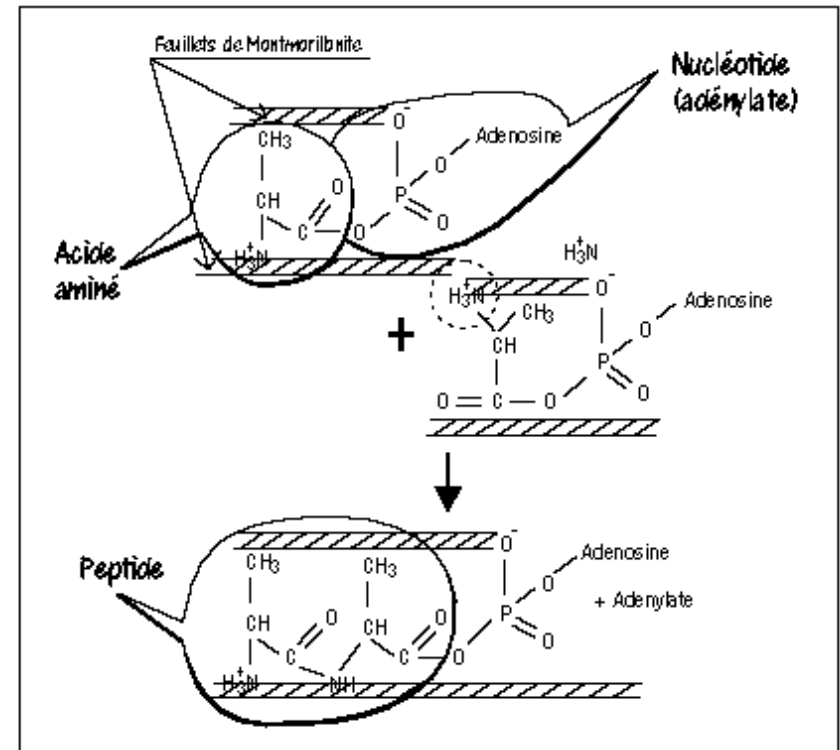
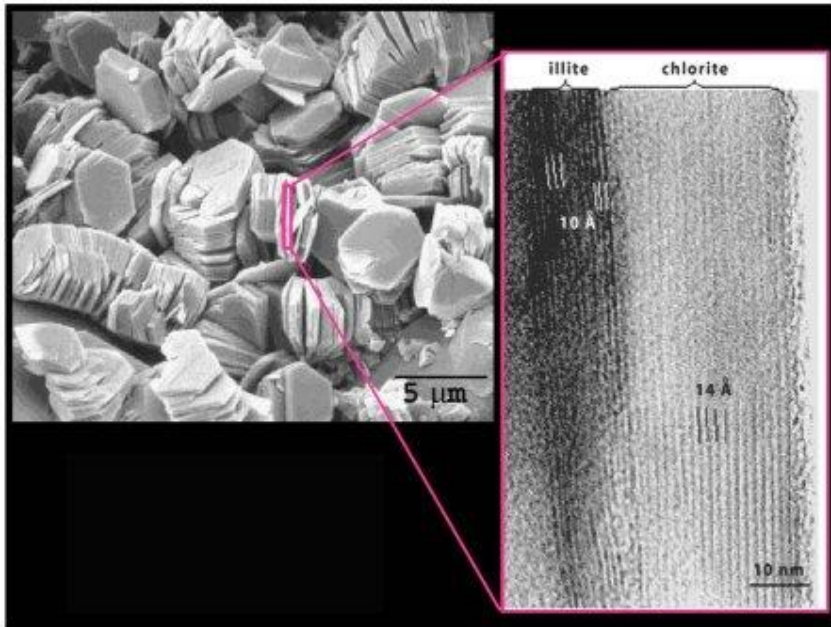
La polymérisation de ces monomères est chimiquement assez spontanée, car elle ne demande que peu d'énergie si ces monomères en solution dans l'eau sont assez concentrés.

Dans la soupe primitive les monomères sont très dilués, donc peu de chance de réactions intermoléculaires.

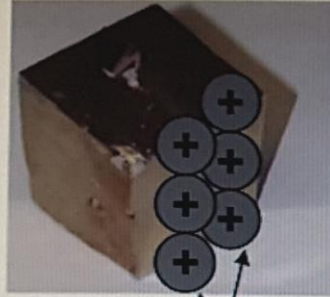
Des substances minérales fréquentes peuvent favoriser la concentration de monomères, et catalyser leur polymérisation.

Les **sulfures** (pyrite) ont des propriétés électriques qui peuvent adsorber les monomères pré-biotiques.

Les **argiles** sont des minéraux micro-cristallisés, constitués d'un empilement de plaquettes. Une certaine masse d'argile, constituée de milliards de micro-plaquettes possède donc une "surface interne" énorme.



Amélioration de la polymérisation: Catalyse supportée sur sulfure de fer



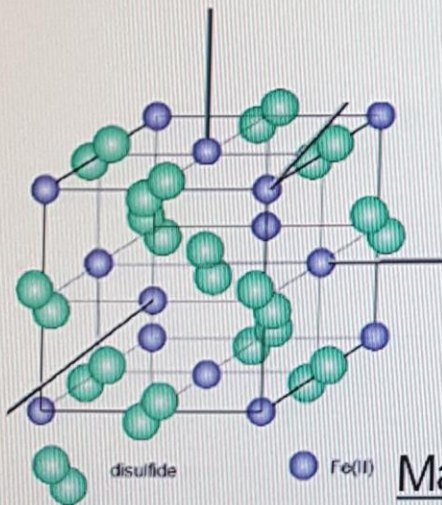
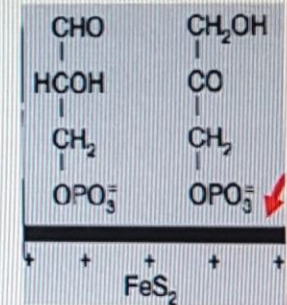
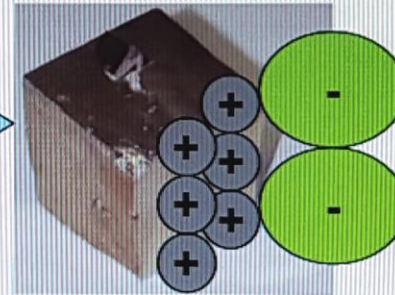
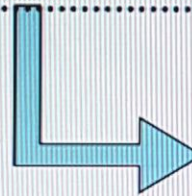
Milieu dilué (trop pour que la vie puisse commencer)



Anions formés in situ dont PO_4^{3-} ,
ATP, ADP, AMP, bases ...



Charges de surface positives
en présence de Fe^{2+} aqueux
et absence d' O_2



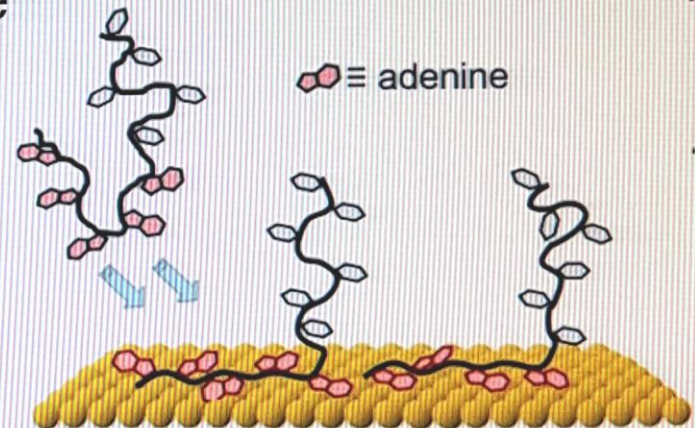
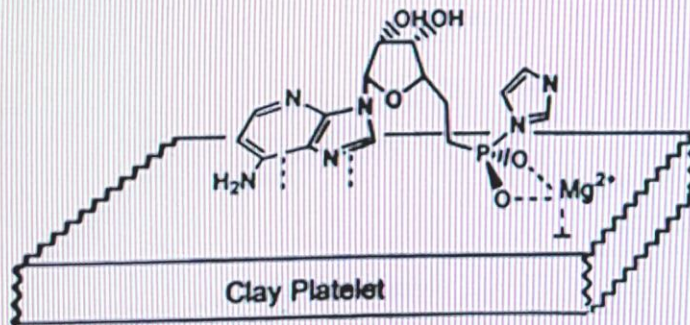
Concentration de molécules autour de
la pyrite: interaction intermoléculaires,
et donc polymérisation, favorisées

Maille cristalline de la pyrite

Formation d'ARN catalysée sur argile

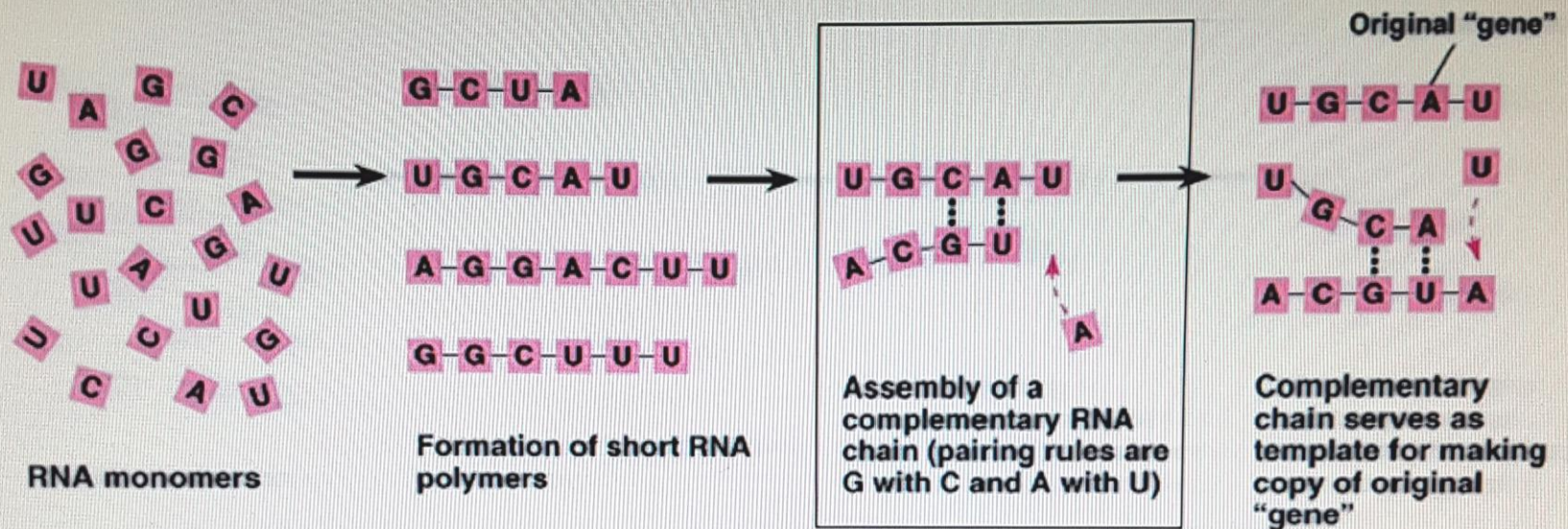
- Catalyse spontanée de polymérisation de nucléosides activés pour former des brins d'ARN d'environ 50 bases
- La réaction utilise l'interaction naturelle entre nucléosides, Mg^{2+} et l'argile

B. Hydrophobic Binding of Adenine (----) and Ionic Binding Via Mg^{2+} ...



Affinité importante de polyA pour les feuilles d'Au utilisée pour la conception de puces à ADN

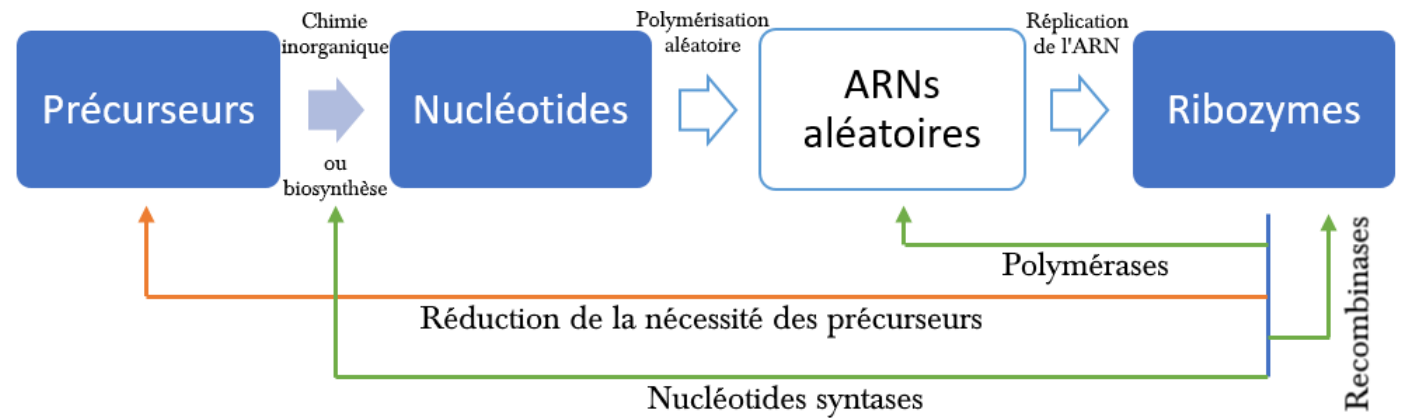
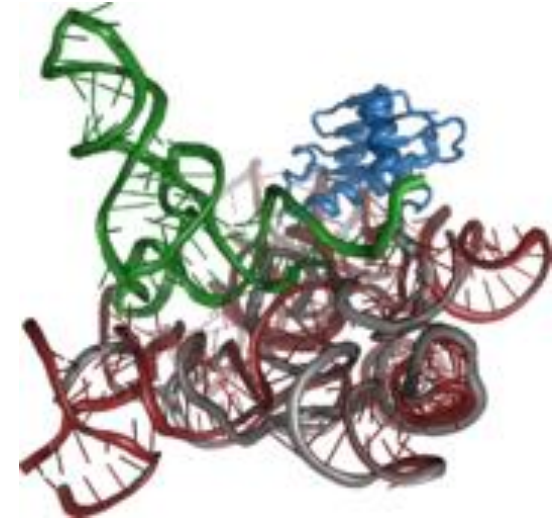
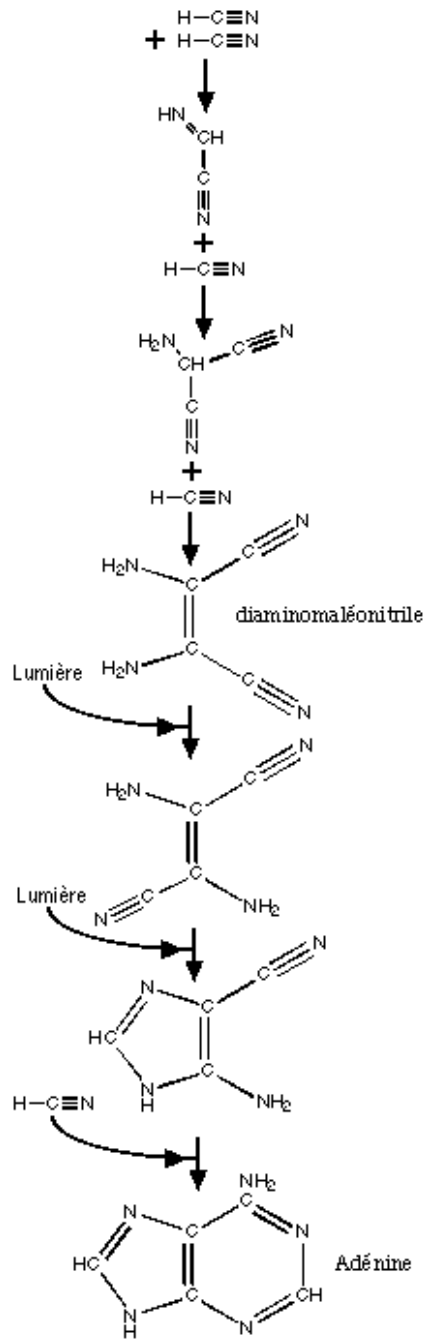
Polymérisation de l'ARN



Réalisable au laboratoire sans enzyme!

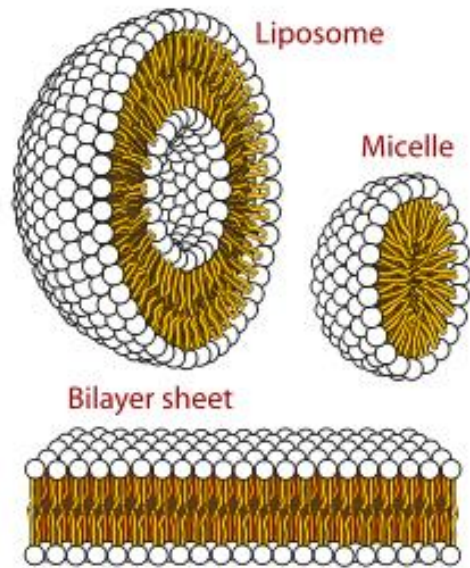
Sans enzyme, un brin d'ARN complémentaire de taille inférieure à 10 bases peut être synthétisé par auto-assemblage !!! En présence de métal (zinc): jusqu'à 40 bases avec < 1% d'erreur !

La découverte de ribozymes, catalyseurs organiques

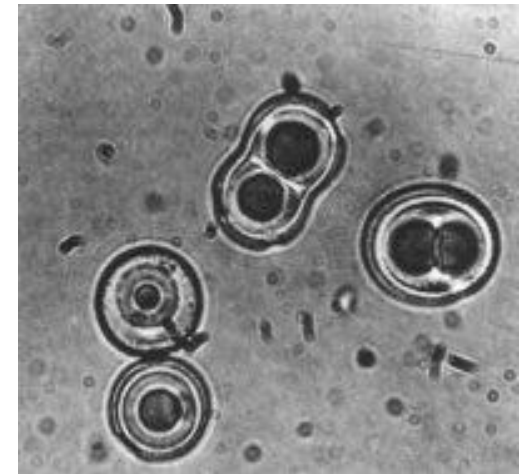


La compartimentation

Les macromolécules, de par leur structure moléculaire, leur charge et leurs pôles hydrophile et hydrophobe... ont tendance à se regrouper pour former des filaments, films et membranes. Ces membranes peuvent se fermer sur elles-même, isolant ainsi un milieu "intérieur" du milieu extérieur. Ces "sacs" protéiques ont été appelés « coacervats ».



Ces sacs protéiques en forme de micro-sphères peuvent avoir des échanges avec le milieu extérieur, absorber de l'eau et des petites molécules, et donc grossir, et même se diviser en 2 sacs plus petits, comme l'a montré en premier l'américain Sydney Fox dans les années 1970.



Des molécules organiques d'origine extraterrestre



On trouve des molécules organiques dans les comètes, certaines météorites (chondrites carbonées, les nébuleuses).

HD, CP, NH, PN, SiC, SiN, NaCl, AlCl, KCl, H₂, CH, OH, C₂, CN, CO, NO, CS, SiO, SO, NS, SiS

CCH, SO₂, SiC₂, C₂S, C₂O, H₂O, C₂H, HCN, HNC, HCO, NH₂, H₂S, HNO, OCS, SO₂

H₂CS, C₃H, C₃O, C₃S, HCCN, HCNH, HOCO, NH₃, C₂H₂ (acétylène), H₂CO (formol), HNCO, C₃N, HNCS

CH₂N₂, SiH₄, C₃H₂, CH₂CN, C₄Si, H₂C₃, CH₄, CH₂NH, CH₂CO, NH₂CN, HCOOH (acide formique), C₄H, HC₃N

C₂H₄, HCH₂OH, H₂C₄, HCC₂HO, CH₃OH (alcool méthylique), CH₃CN, NH₂CHO, CH₃SH (méthyl mercaptan)

CH₃NH₂, CH₃C₂H, CH₃CHO, CH₂CHCN, HC₅N

CH₃C₃N, HCOOCH₃

CH₃C₄H, CH₃CH₂OH (alcool éthylique), CH₃CH₂CN, HC₇N, (CH₃)₂O

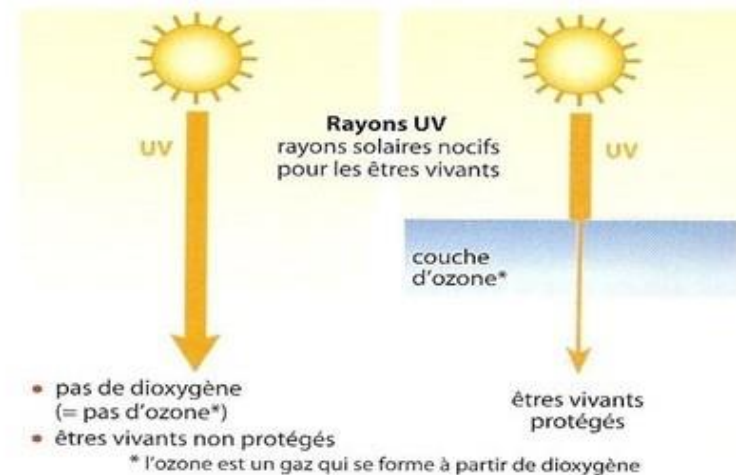
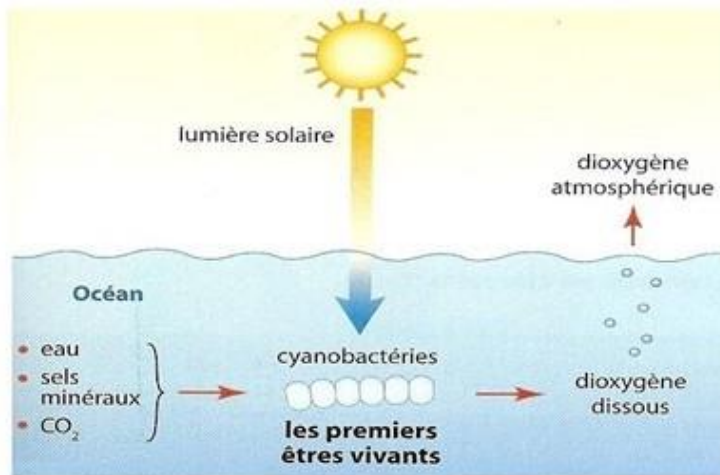
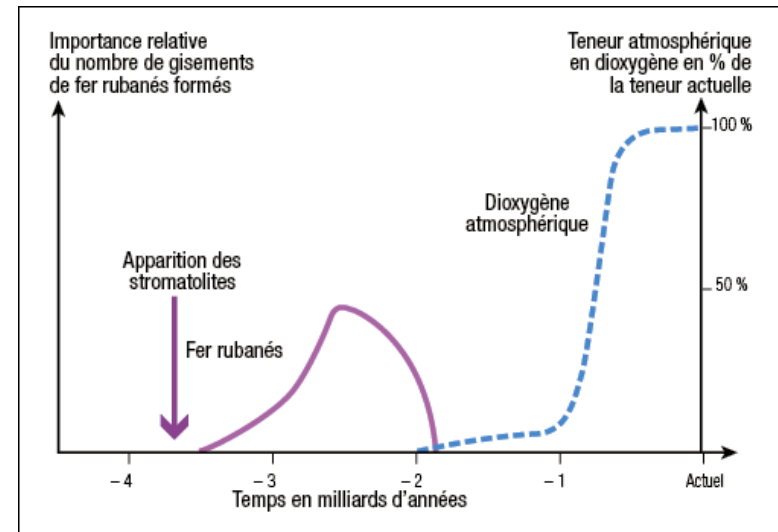
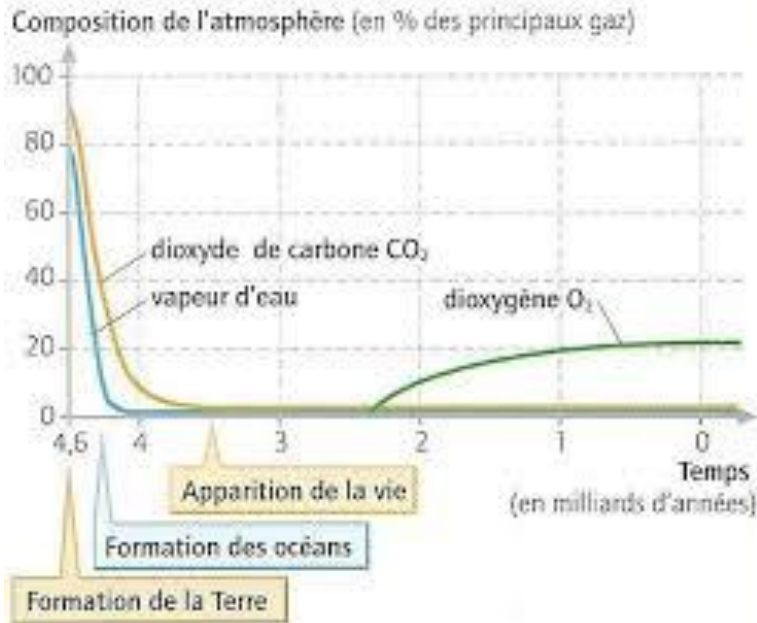
NH₂CH₂COOH (glycine = 1^{er} acide aminé trouvé dans une nébuleuse en mai 1994), HC₉N

Fig. 194 Les molécules interstellaires détectées actuellement.

	concentration (ppm)	nombre de molécules différentes identifiées	longueur de la chaîne carbonée
acides aminés	60	74	C2 à C7
hydrocarbures	> 50	227	C1 à C23
acides carboxyliques	> 350	44	C2 à C12
purines et pyrimidines	1 à 3	5	
bases azotées hétérocycles	7	32	
amines	8	10	C1 à C4
amides	55 à 70	> 2	
alcools	11	8	C1 à C4
aldéhydes et cétones	27	9	C1 à C5
total	≥560	411	

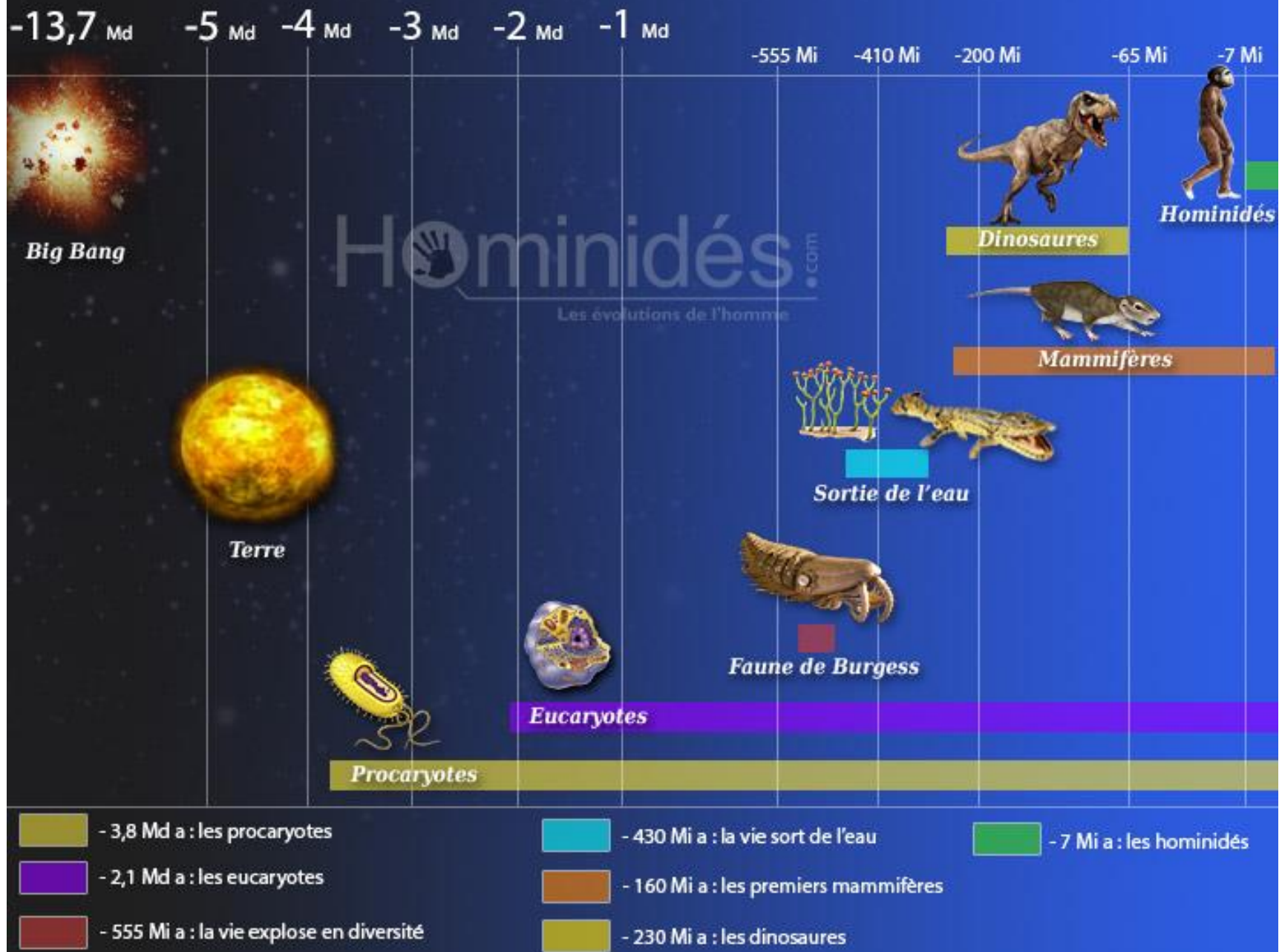
4 Analyse des composés organiques dans les chondrites carbonées : les chondrites carbonées contiennent jusqu'à 3 % (en masse) de carbone, oxydé (sous forme de carbonate) et réduit.

L'évolution de l'atmosphère



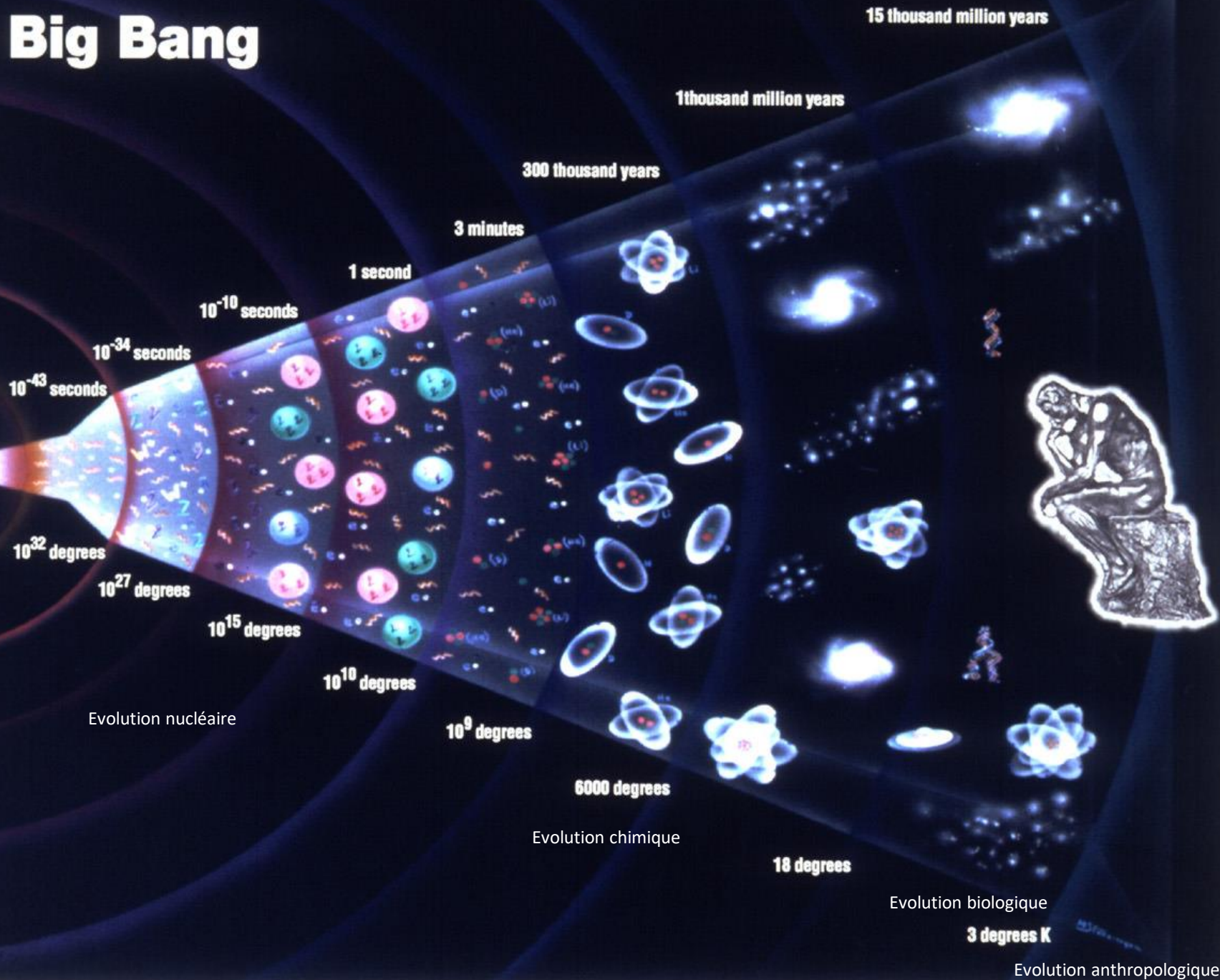
La production de dioxygène par les cyanobactéries a bouleversé les conditions de vie sur Terre.

LA TERRE ET LA VIE - CHRONOLOGIE



" Rien n'a de sens en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution ". Theodosius Dobzhansky

Big Bang



« L'Homme est l'espèce la plus insensée, il vénère un dieu invisible et massacre une nature visible ! Sans savoir que cette nature qu'il massacre est ce dieu invisible qu'il vénère ! » Albert Einstein



« Dans quelques décennies nous ne serons plus, mais nos atomes existeront toujours, poursuivant ailleurs la construction du monde. » Hubert Reeves

Originalités de la Terre

La Terre est une planète tellurique active:

De nature rocheuse principalement, avec une densité de 5,51 et un rayon moyen de 6371 km
Sa masse est suffisante pour retenir les gaz par gravité sauf l'hydrogène (d'où atmosphère)
Sa structure concentrique est le résultat de la différenciation (les éléments les plus denses migrant vers l'intérieur, les moins denses vers l'extérieur)
Siège de réaction de fission nucléaire (isotopes instables uranium, thorium, potassium principalement) la dissipation de cette énergie interne se traduit en surface par la tectonique des plaques dont l'activité volcanique et les séismes en sont des manifestations

La Terre possède de l'eau sous les trois états:

Les conditions de température et de pression permettent à l'eau d'exister sous 3 états
Le cycle de l'eau, mu par l'énergie solaire, joue un rôle fondamental sur la redistribution de celle-ci à la surface de la Terre.
L'eau joue un rôle essentiel dans les phénomènes géologiques en particulier l'érosion.
L'eau est un élément essentiel à la vie. (un humain de 70kg contient 45l d'eau soit 65 %)

La Terre possède un champ magnétique intense:

Ce champ magnétique protège le vivant des rayons cosmiques néfastes (rayons γ , rayons X)

La Terre possède des paramètres orbitaux relativement stables:

La révolution de la Terre autour du Soleil, combinée avec l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre, explique l'existence de saisons et de zones climatiques sur la Terre.
De faibles variations de l'excentricité de l'orbite terrestre et de l'obliquité de l'axe de rotation sont responsables de variations climatiques sur Terre (ex. alternance période glaciaire et interglaciaire)

Le Terre est une planète habitée:

Les plus anciennes formes de vie datent d'il y a 3,4 milliard d'années. La vie s'est considérablement diversifiée ensuite. L'apparition du dioxygène atmosphérique est le résultat de la photosynthèse, elle a rendu possible la respiration et la vie aérobie.
L'évolution du vivant est marquée par de nombreuses crises biologiques (activité volcanique et chute de météorite) sauf la dernière, actuelle qui est le résultat de l'activité récente d'une seule espèce: homo sapiens.