

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES DANS L'UNIVERS

I - NOTION D'ÉLÉMENT CHIMIQUE

Un élément chimique peut exister sous différentes "formes". Nous prendrons l'exemple de l'élément cuivre.

1.1. Le métal cuivre

Le métal cuivre est un métal rouge, bon conducteur de la chaleur et de l'électricité. Pour les moulages, on emploie des alliages comme les bronzes (cuivre-étain) et les laitons (cuivre-zinc).

Le métal pur est uniquement constitué d'atomes de cuivre, c'est un exemple de corps simple.

Un corps simple est constitué d'un seul élément.

Remarque : Dans les alliages, les atomes des divers métaux sont mélangés sans être modifiés.

1.2. Les composés du cuivre

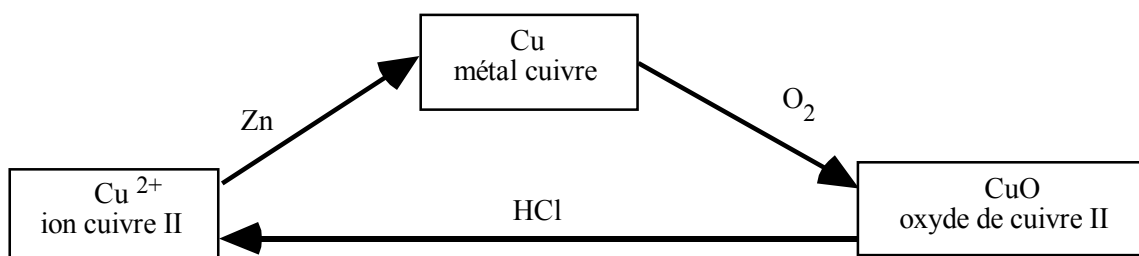
Le cuivre natif est rare dans la nature. Le principal minerai de cuivre est la chalcoppyrite CuFeS_2 (gisements au Chili et aux U.S.A.).

Les objets en cuivre perdent leur éclat au contact de l'air. Ils se recouvrent d'une fine pellicule rouge puis noire d'oxydes de cuivre (Cu_2O et CuO) et verdissent par formation de vert-de-gris (carbonate de cuivre hydraté). Dans tous ces corps, l'élément cuivre est combiné à un ou plusieurs autres éléments, ce sont des exemples de corps composés.

Un corps composé est constitué d'au moins deux éléments.

1.3. Conservation des éléments

Les expériences du T.P. n° 14 montrent que le métal cuivre peut être régénéré après plusieurs transformations chimiques. L'élément cuivre décrit un cycle que l'on peut schématiser ainsi :



L'élément cuivre se conserve au cours des différentes réactions chimiques.

Ce fait est exprimé :

- par les formules chimiques : le symbole Cu est commun à tous les corps contenant du cuivre ;
- par l'écriture des équations bilan : le nombre d'atomes de cuivre se conserve.

Au cours d'une réaction chimique, les différents éléments se conservent (rien ne se perd, rien ne se crée, tout se réorganise différemment).

II - SYMBOLES DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

À ce jour, 109 éléments chimiques, dont 90 naturels et les autres artificiels, ont été découverts.

La représentation symbolique de chacun d'eux a été fixée par une convention internationale.

En général, chaque élément chimique est représenté par une lettre majuscule qui est le plus souvent la première lettre de son nom :

Élément	hydrogène	oxygène	carbone	soufre
Symbole	H	O	C	S

Si les noms de plusieurs éléments commencent par la même lettre, on ajoute la deuxième lettre minuscule

Élément	carbone	calcium	cuivre	chlore
Symbole	C	Ca	Cu	Cl

Les symboles de certains éléments dérivent de noms latins ou étrangers :

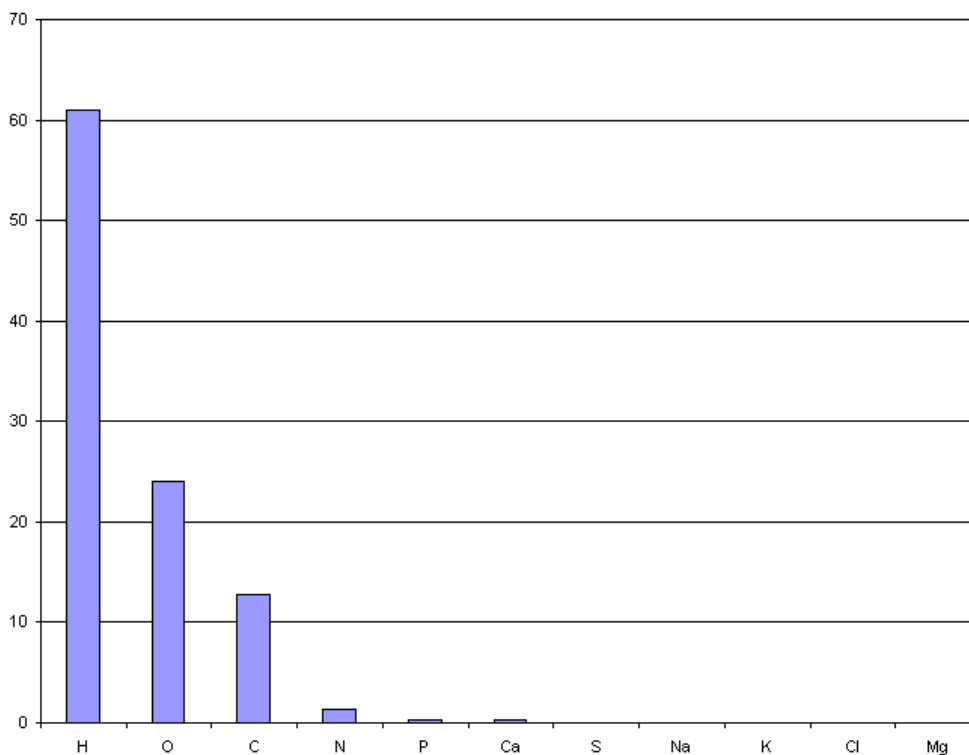
Élément	azote (nitrogen)	sodium (natrium)	mercure (hydrargyrum)	or (aurum)
Symbole	N	Na	Hg	Au

III - ABONDANCE COMPARÉE DES ÉLÉMENTS

3.1. *Les animaux et les végétaux (matière sèche)*

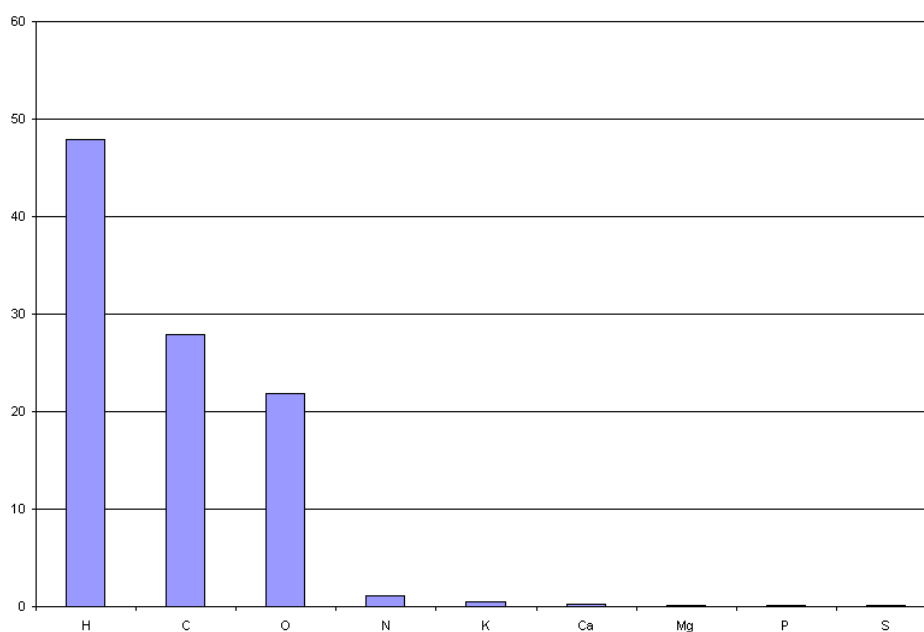
corps humain	symbole	H	O	C	N	P	Ca	S	Na	K	Cl	Mg
	% atome	61,0	24,1	12,8	1,4	0,25	0,24	0,05	0,04	0,03	0,03	0,008
	%	9,5	60,1	23,9	3,0	1,2	1,5	0,24	0,15	0,19	0,15	0,03

Corps humain



Matière végétale	symbole	H	C	O	N	K	Ca	Mg	P	S
	atome	47,9	27,9	21,9	1,1	0,5	0,25	0,13	0,1	0,1
	% masse	6	42	44	2	2,5	1,3	0,4	0,4	0,4

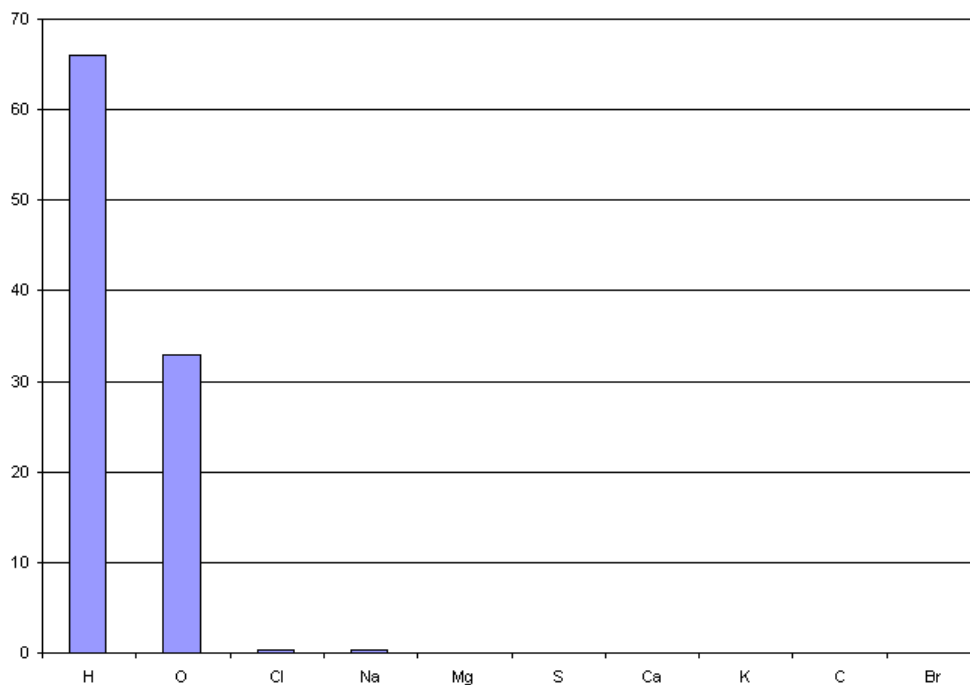
Matière végétale



3.2. La Terre

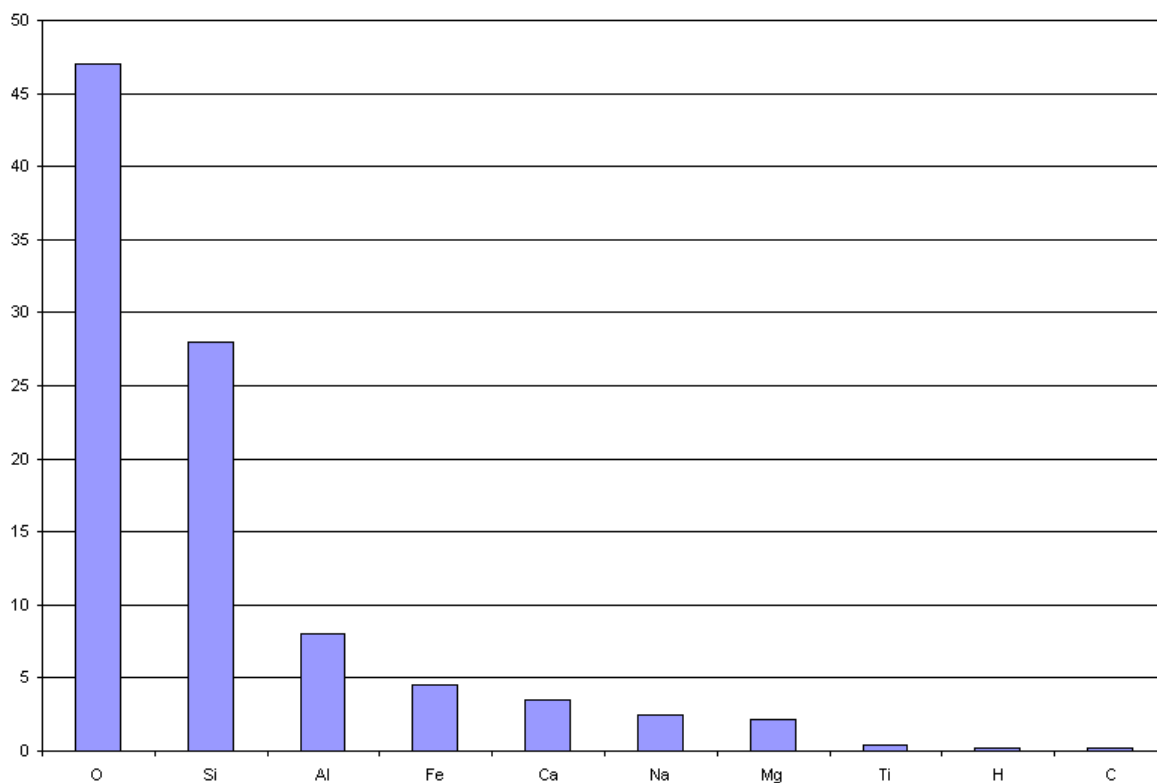
Eau de mer	symbole	H	O	Cl	Na	Mg	S	Ca	K	C	Br
	%	66	33	0,33	0,28	0,033	0,017	0,006	0,006	0,0014	0,0005

Eau de mer



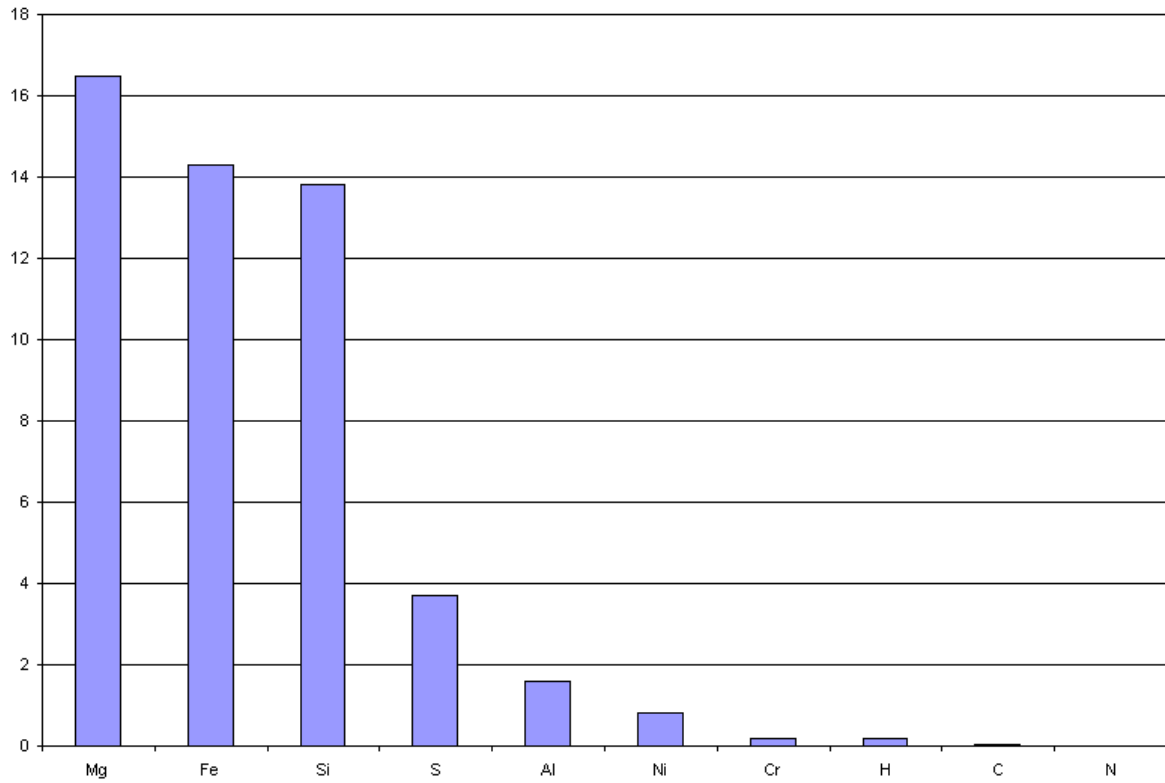
Croûte terrestre	symbole	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	Mg	Ti	H	C
	%	47	28	8	4,5	3,5	2,5	2,2	0,46	0,22	0,19

Croûte terrestre



Globe terrestre	symbole	O	Mg	Fe	Si	S	Al	Ni	Cr	H	C	N
	%	48,8	16,5	14,3	13,8	3,7	1,6	0,8	0,2	0,2	0,02	0,004

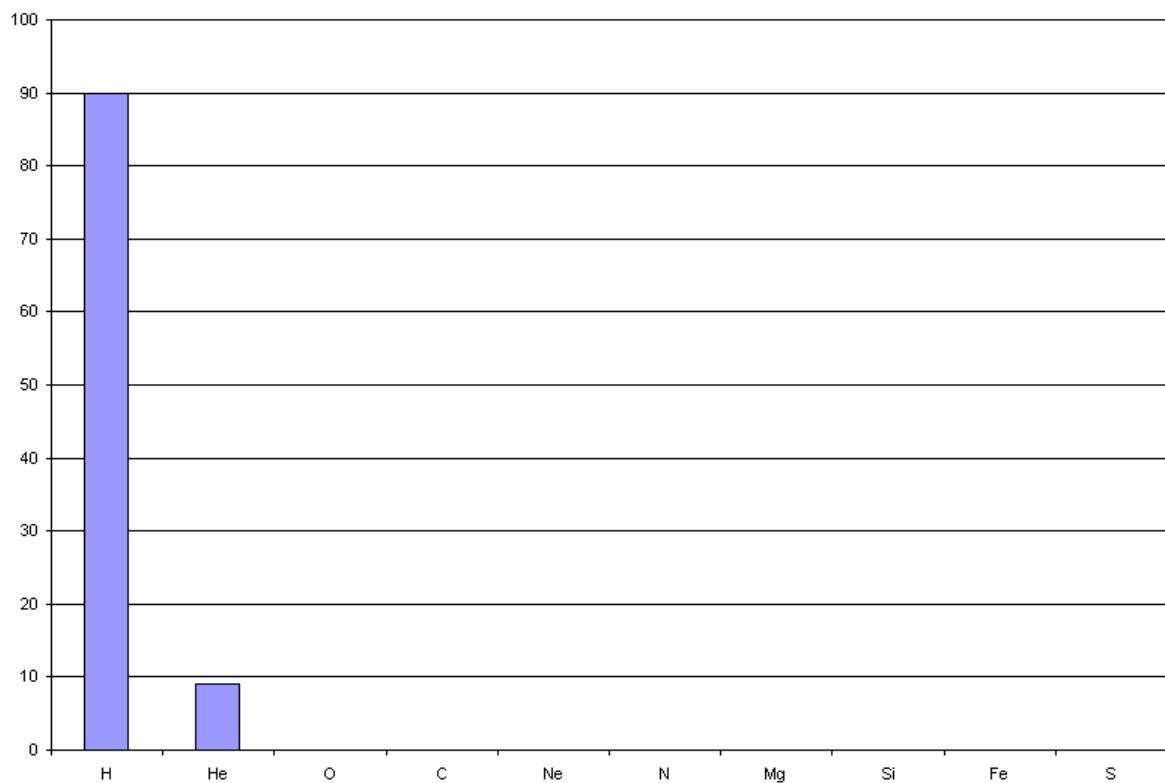
Globe terrestre



3.3. *L'Univers et le Soleil*

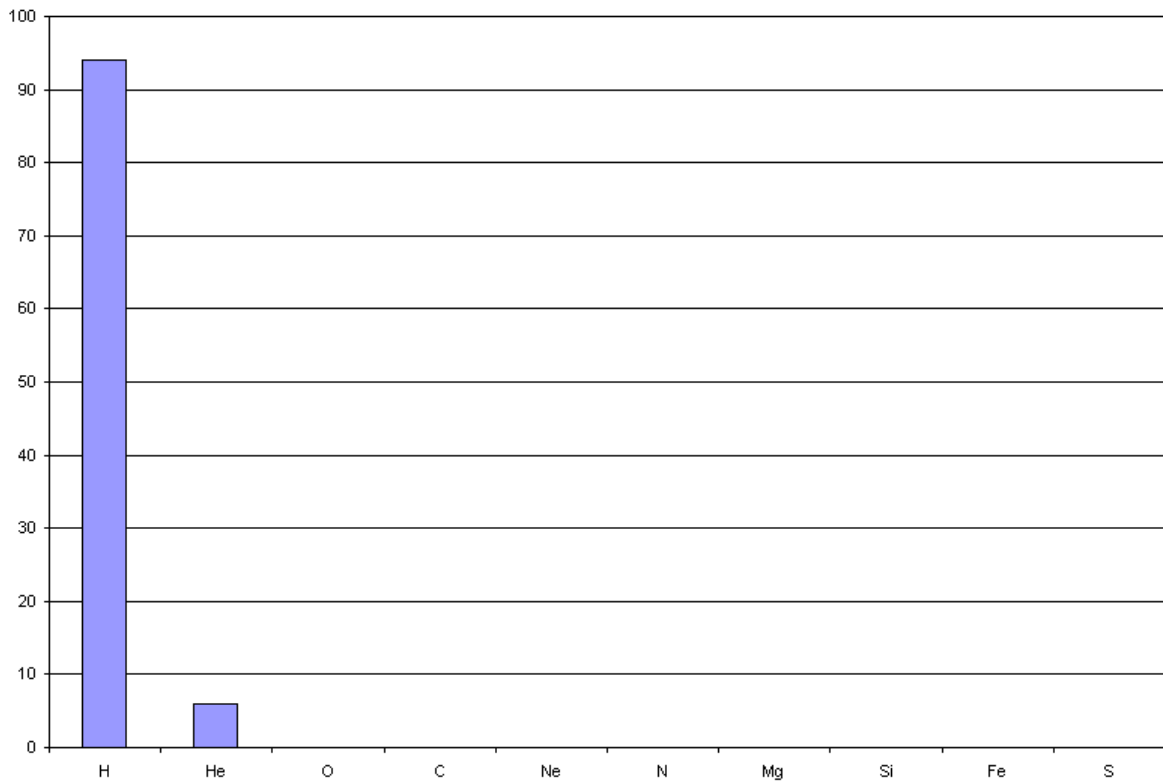
Univers	symbole	H	He	O	C	Ne	N	Mg	Si	Fe	S
	% atome	90	9	0,1	0,06	0,012	0,01	0,005	0,005	0,004	0,002

Univers



Soleil	symbole	H	He	O	C	Ne	N	Mg	Si	Fe	S
	% atome	94	6	0,06	0,04	0,004	0,007	0,004	0,005	0,003	0,001

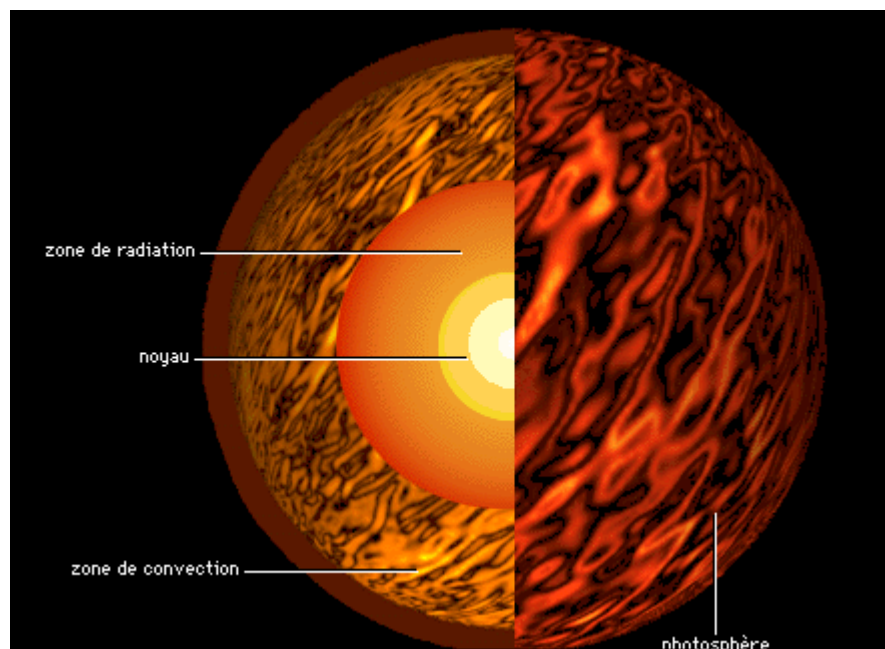
Soleil



IV – RESUME DES REPARTITIONS

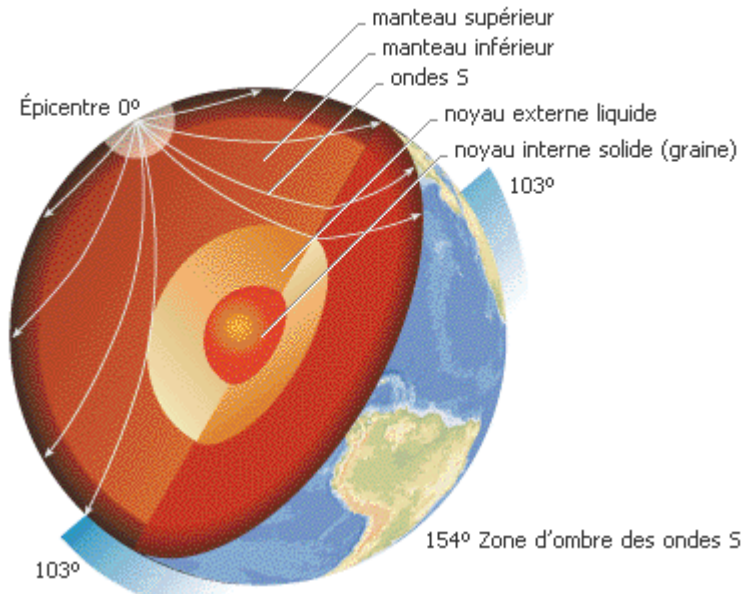
Milieu	Éléments les plus abondants
Univers - Soleil	H, He
Globe terrestre	O, Mg, Fe, Si, S, Al
Matière vivante	H, C, O, N

On remarque que les éléments chimiques ne sont pas du tout répartis de la même manière dans différents « lieux » de l'Univers. L'Univers tout entier est principalement constitué des éléments les plus simples de la classification périodique de Mendéléiev et il en est de même de notre Soleil.



Le soleil

La terre quant à elle est constituée d'éléments chimiques plus lourds comme le fer (noyau terrestre), l'oxygène et le silicium qui forment le sable et les pierres (silex) ainsi que l'aluminium et le magnésium qui avec le silicium et l'oxygène forment les roches (aluminosilicates SIAL et magnésiosilicates SIMA).

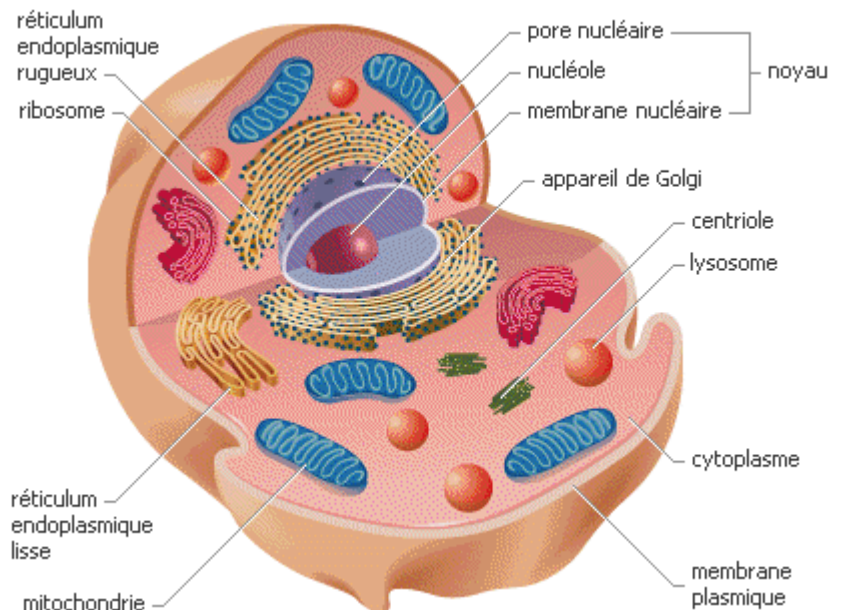
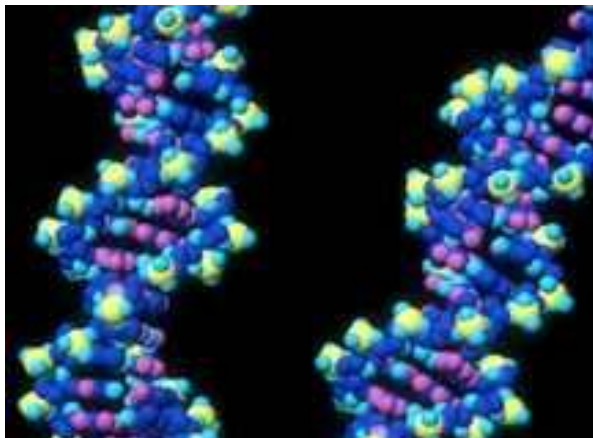


La croûte continentale est composée pour l'essentiel de roches granitiques dont l'âge varie de plusieurs centaines de millions d'années à 4,5 milliards d'années. Son épaisseur varie de 30 km à 70 km. Elle est constituée de deux couches : une supérieure, granitique (le sial) et une inférieure, basaltique (le sima).

La croûte océanique est composée de sédiments et de basaltes de moins de 200 millions d'années, par conséquent relativement jeunes. Son épaisseur varie de 5 km en moyenne à 7 km par endroits. Toutes les mers ne sont pas situées sur la croûte océanique, puisque certaines recouvrent la croûte continentale, à l'instar de la mer du Nord ou de la Manche.

Dans l'eau de mer, on a de l'eau H_2O et du sel $Na^+ + Cl^-$ d'où la présence des éléments H, O, Na, Cl.

Dans les êtres vivants, apparus tout d'abord dans les mers, on retrouve les éléments H et O dans des proportions équivalentes (les êtres vivants contiennent principalement de l'eau) mais l'élément carbone joue un rôle essentiel car il constitue le squelette de toutes les molécules de la vie (protéines, hormones, ADN, etc...). On remarque que l'azote joue, lui aussi, un rôle important (protéines).



IV – LA NUCLEOSYNTHESE PRIMORDIALE ET LA NUCLEOSYNTHESE STELLAIRE

Pour comprendre cette répartition, il faut remonter à l'histoire de l'Univers (Voir le document concernant le livre de Hubert Reeves : Patience dans l'Azur). L'Univers est né il y a environ 15 milliards d'années. Cette naissance de l'Univers est dénommée « Big Bang ». Au moment du Big Bang, la température de l'Univers était extrêmement élevée puis elle a très rapidement décliné à cause de l'expansion de l'Univers. Ces très hautes températures ont donné naissance aux éléments hydrogène et hélium, ceci est appelé **nucléosynthèse primordiale**. A cause de la baisse rapide de la température et de la très grande stabilité du noyau d'hélium, des noyaux plus lourds n'ont pas été engendrés par ce processus qui a, en quelque sorte, avorté. Ceci explique

que l'Univers et le Soleil soient principalement constitués des éléments chimiques les plus simples, à savoir H et He, issus de la nucléosynthèse primordiale.

Pour que des éléments plus lourds puissent se former, il faut des températures énormes (plusieurs dizaines de milliards de degrés) et des pressions énormes pour vaincre la répulsion entre noyaux d'hélium et protons positifs. Le seul endroit dans l'Univers où on trouve de telles conditions, c'est dans le cœur des étoiles (géantes rouges par exemple). Ce processus de fabrication de noyaux dans les étoiles est dénommé **nucléosynthèse stellaire**. Notre Soleil est en train de transformer son hydrogène en hélium ce qui constitue la première phase de nucléosynthèse et qui explique que notre étoile brille et est stable (c'est ce que font 90% des étoiles de notre ciel dites « étoiles de la séquence principale »). Dans 5 milliards d'années, il n'y aura plus assez d'hydrogène, le soleil va se contracter puis monter en température, ce qui entraînera la fusion de l'hélium trois par trois en carbone et quatre par quatre en oxygène. Le Soleil va alors « enfler et rougir pour devenir une géante rouge. Le diamètre du soleil sera à peu près égal à la distance entre le soleil et la terre (150 millions de km) et elle sera détruite. Le soleil se transformera ensuite en naine blanche (lorsque l'hélium, à son tour, viendra à manquer). On remarquera que la nucléosynthèse stellaire n'a que très faiblement enrichi l'Univers en éléments lourds depuis sa naissance, mais que ces éléments lui ont permis de progresser dans la pyramide de la complexité..

Pour des étoiles plus grosses que le soleil, ce n'est pas le même scénario. Leur masse importante permettra au carbone et à l'oxygène de fusionner pour se transformer en silicium, aluminium, magnésium, etc. (super géantes rouges). Dès lors que le carbone et l'oxygène manquent, une nouvelle contraction permet à la température interne de monter jusqu'à plusieurs centaines de millions de degrés pour fusionner l'aluminium, le magnésium et le silicium en noyaux encore plus lourds comme le fer. Ensuite, pour des températures de l'ordre du milliard de degrés, l'étoile se joue un mauvais tour à elle-même, car le fer est le noyau le plus stable de la nature et si on fusionne du fer avec du fer pour faire un noyau plus gros, cela absorbe de l'énergie au lieu d'en libérer (processus endothermique). La conséquence pour l'étoile est dramatique. L'équilibre entre la contraction gravitationnelle et la pression de radiation est rompu. L'étoile implose puis explose dans un grand éclair lumineux. Les températures atteintes par la matière de l'étoile fouettée par l'onde de choc permettant de fabriquer les noyaux les plus lourds comme le plomb, l'or, l'uranium, etc. Cette explosion fait apparaître dans le ciel une nouvelle étoile appelée **supernova**, visible quelques dizaines d'années.

L'explosion des supernova est certes une mort catastrophique, mais c'est également une formidable chance pour l'évolution. Les éléments lourds, fabriqués au cœur des étoiles sont libérés dans l'espace intersidéral où ils s'habillent d'électrons et deviennent des atomes. Ils forment des gaz et des poussières.

Notre Soleil s'est formé à partir de ce type de nuage qui s'est condensé dans un grand mouvement de rotation sur lui-même. Au centre, les éléments les plus légers ont formé le soleil (hydrogène, hélium), en même temps, qu'un disque d'accrétion situé dans le plan équatorial du soleil (plan de l'écliptique) a concentré les éléments plus lourds comme le fer, le silicium, le magnésium, l'oxygène, l'azote et le carbone, tirés vers l'extérieur sous l'action de la force centrifuge.

Notre Terre s'est formée par condensation et rotation du gaz et des poussières du disque d'accrétion. C'est cela qui explique la forte teneur du globe terrestre en éléments lourds. L'eau piégée dans les poussières et météorites ayant formé la terre est revenue à la surface terrestre sous forme de nuages dans l'atmosphère et les déluges de pluie ont formé les mers et les océans (H₂O). L'eau a dissous les roches salines et s'est chargée de nombreux minéraux. La mer a été propice à l'apparition de la vie. Y sont apparus les premiers organismes unicellulaires, à l'origine de la vie (peut-êtreensemencée par des molécules organiques se trouvant dans des comètes ayant percuté la terre). Cependant, même pour les scientifiques tout cela reste bien mystérieux.