

TRANSFORMATION ET MOUVEMENT DE LA MATIERE

I- Généralité :

A- Définition :

Du point de vue de la **physique classique** et **microscopique**, la **matière** peut se définir comme tout ce qui est doté de **masse** et d'**inertie**. La matière se classe, dans ce cas, selon ses **états d'agrégation** (**solide, liquide, gazeux**).

Le développement de l'**analyse écosystémique** permet l'intégration des composantes **biotiques** et **abiotiques** en quantifiant les processus par la mesure de **flux**. Elle concerne la **circulation**, la **transformation** et l'**accumulation d'énergie** et de **matière** au travers des organismes vivants et de leurs activités.

B- Composition :

La matière vivante est composée de d'éléments minéraux : on estime qu'il y a environ **40 éléments chimiques** dans les organismes dont **26** seraient essentiels à la **vie sur Terre**.

Les cycles biogéochimiques les plus importants concernent un corps simple, l'**eau** et quelques éléments majeurs : l'**oxygène**, la **carbone**, l'**azote**, et l'**hydrogène** qui entrent pour près de **95%** dans la **composition atomique** des êtres vivants.

Le **phosphore**, le **soufre**, le **chlore**, le **sodium**, le **potassium**, le **calcium** et le **magnésium** représentent, quant à eux environ **5%**.

Le fait qu'il soit quantitativement moins abondants ne signifie pas pour autant qu'ils jouent un rôle un rôle moins important dans l'élaboration du matériel vivant.

Il y a également des éléments présents à l'état de trace (encore appelés **micronutriments**) mais qui sont pourtant nécessaires aux organismes vivants comme l'**aluminium**, le **molybdène**, le **fluor**, le **strontium**, le **zinc**, le **cobalt**...

Les flux de matière décrivent ainsi des cycles entre les organismes **autotrophes**, les **hétérotrophes**, les **décomposeurs**, et l'environnement physicochimique.

II- Cycle du carbone et de l'oxygène :

Le **carbone** constitue moins de **1%** de la masse de l'écorce terrestre, mais c'est le plus important des éléments chimiques caractérisant le monde vivant, avec l'**oxygène**.

Aux origines de la Terre, le **dioxyde de carbone (CO₂)** était le constituant essentiel de l'**atmosphère**. Très précocément, la vie a prélevé des quantités importantes de CO₂ dans l'atmosphère et dans l'**océan** en raison du développement des **végétaux autotrophes** au carbone et de l'**assimilation chlorophyllienne**. Les cycles du carbone et de l'oxygène sont intimement liés dans le processus de **photosynthèse** : les combinaisons de carbone avec l'oxygène et l'**hydrogène** lors de l'assimilation chlorophyllienne produisent des **glucides** en libérant de l'oxygène, selon une formule simplifiée :



Cette réaction nécessite de l'énergie issue de la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique. Les glucides sont les constituants de base d'autres **molécules organiques** complexes, comme les **protéines** ou la **cellulose**.

Le passage du **CO₂ minéral** au monde organique est la réaction clé de la vie sur Terre. Quand les animaux consomment les végétaux, le stock de glucides produit par la **photosynthèse** est dégradé par la réaction inverse de la précédente qui libère de l'eau et du dioxyde de carbone et fournit de l'énergie. Cette réaction est connue sous le nom de **respiration**. Une telle réaction d'oxydation e produit également lors de la combustion de carbone, ou chaque fois qu'on brûle de la matière organique (combustion de **charbon**, de **pétrole**, **feux de brousse**).

III- Le cycle de l'azote :

L'**azote** est à la fois un élément nutritif essentiel des plantes et des animaux, et un **polluant**. Il entre dans la composition des **acides aminés**, chaînon de base des protéines et des **acides nucléiques (ADN et ARN)**. Par rapport au cycle du carbone, où le seul CO₂ joue un rôle central, le cycle de l'azote est l'un des cycles biogéochimiques les plus complexes. Il met en jeu un grand nombre de composés :

- **des formes minérales ionisées** : **azote moléculaire N₂** ; **ammoniac NH₃** ; **ions nitrite NO₂⁻** ; **nitrate NO₃⁻** ; **ammonium NH₄⁺** ; **hémioxyde d'azote N₂O** ; **monoxyde d'azote NO** ;

- **des formes d'azote organiques** : sous forme de nombreuses petites **molécules** parfois directement assimilables par les végétaux ou les microorganismes (**acides aminés, urée, acide urique**, etc.).

IV- Le phosphore :

Le **phosphore** rentre dans la constitution de molécules riches en énergie (**ATP, ADP, AMP**) ou en informations (**acides nucléiques**) ; il intervient également dans composition du **squelette**. Le cycle qui est relativement simple, est largement dominé par des réactions de nature géochimique plutôt que biologique. Le phosphore, par rapport à l'azote et au carbone, ne présente pas de formes gazeuses stables et il n'y a donc pas de réservoir atmosphérique. En revanche, cet élément se rencontre sous différentes formes minérales ou organiques qui sont solubles ou insolubles. Le phosphore organique soluble est constitué des molécules issues des organismes vivants ou morts.

V- Le soufre :

Comme pour le phosphore, la source naturelle principale de **soufre** réside dans les **dépôts volcaniques** et les dépôts **sédimentaires**, tels que **gypse** (CaSO_4) et la **pyrite** (FeS_2). Mais comme l'azote, c'est un élément qui est présente sous plusieurs formes chimiques dans le milieu naturel :

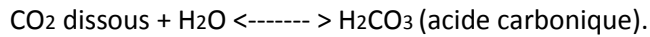
- dans l'**atmosphère** sous forme de H_2S , SO_2 , H_2SO_4 , etc. ;
- dans la **biomasse** et dans les sols sous forme de **sulfure**, etc.

VI- Les autres éléments :

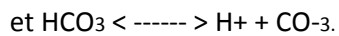
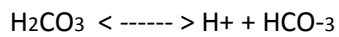
1- Le calcium joue un rôle important dans la constitution des **tissus osseux**. Le cycle biogéochimique est relativement simple. Le réservoir principal est constitué par les **roches sédimentaires** carbonatées. Le **lessivage** des terres émergées entraîne divers sels de calcium dans les **eaux interstitielles** et **superficielles**. La dissolution du **calcaire** est considérablement accrue par la présence du CO_2 dissous qui conduit à la formation de **bicarbonate de calcium** très soluble qui peut, selon les conditions de milieu, se transformer en **carbonate de calcium** insoluble. Le cycle du calcium est ainsi associé à celui du **carbone** et du **silicium** car il se trouve essentiellement sous forme de carbonates et de **silicates** dans la **lithosphère**.

Un rôle majeur du calcium dans les eaux continentales est l'**effet tampon** qui tend à stabiliser le **pH** en neutralisant l'**acide carbonique**. En effet, à la différence de l'oxygène, l'évolution des concentrations en gaz carbonique suit des règles complexes qui résultent de l'existence de plusieurs

formes chimiques. Ainsi le **gaz carbonique** peut s'hydrater et former de l'acide carbonique selon une réaction réversible :



L'acide carbonique se dissocie ensuite en ions bicarbonate (HCO_3^-) et carbonate (CO_3^{2-}) en fonction du pH, c'est-à-dire de l'acidité des eaux :



2- La silice, certains végétaux comme les **Graminées**, ou les **algues** telles que les **Diatomées**

renferment des proportions non négligeables en silice. Le cycle de la silice est relativement simple. L'essentiel des apports en silice soluble dans un système aquatique vient de l'**érosion** des roches, notamment les **feldspaths**. Dans les eaux, la silice existe sous différentes formes, mais seul l'**acide silicique** (H_2SiO_4) qui est partiellement dissocié peut-être utilisé par les algues.

Lorsque les Diatomées meurent, leur **frustule** constituée d'**opaline** se dissout en partie mais une autre partie sédimente est enfouie dans le sédiment.

L'essentiel des apports en silice à l'océan sédimente sous l'effet d'activités **biogéniques**. On estime cette sédimentation biogénique à environ **200 Mt Si.an-1**.