

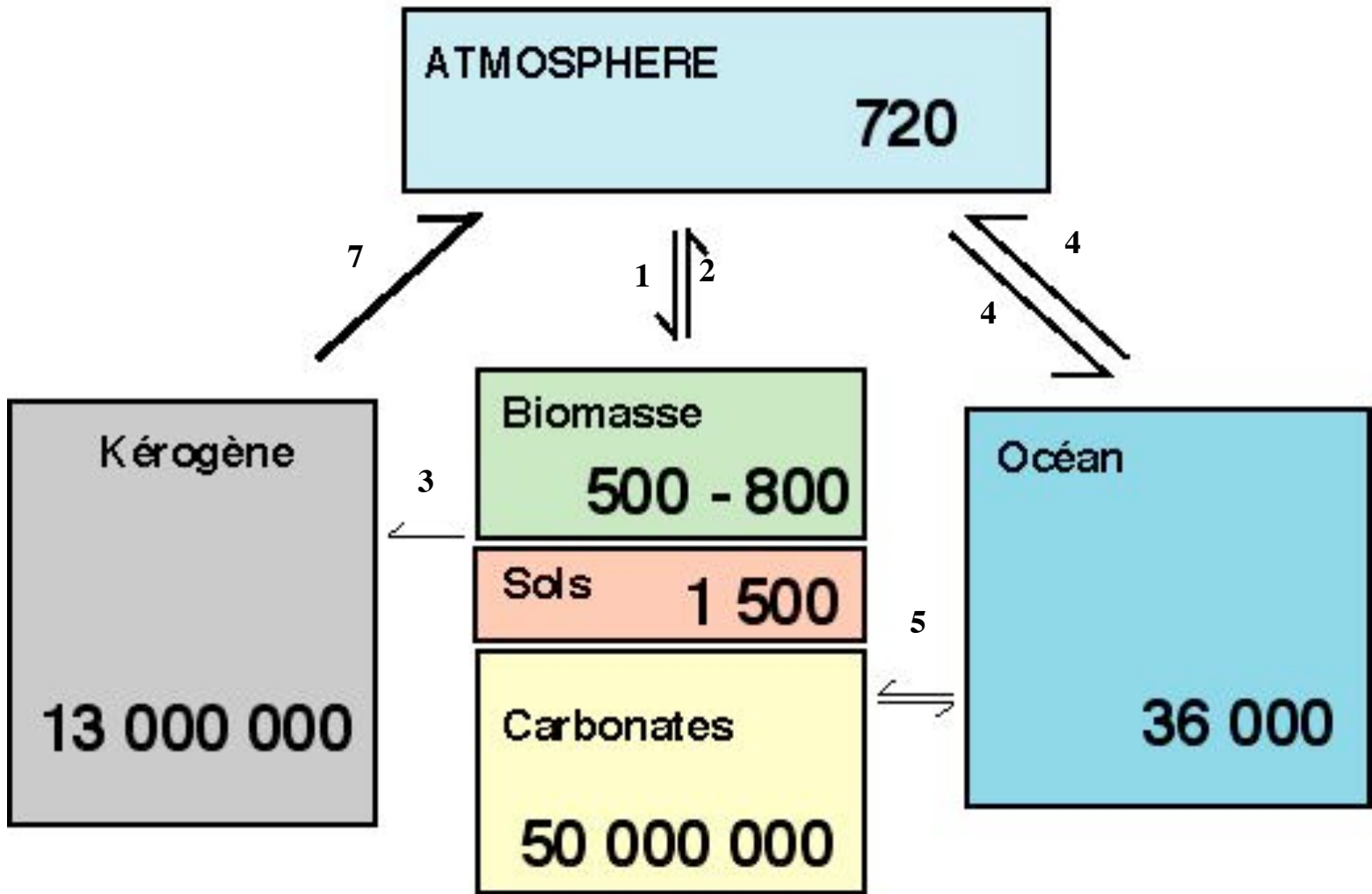
Biologie. DEUG STU. Cours F. Guyot
Intitulé : Éléments de biologie pour les sciences de la Terre et de l'Univers

2. Action de la biologie sur la géologie : les cycles du carbone

Le rôle central que la biologie peut jouer en géologie est au niveau du cycle géologique du carbone (on dit souvent que la biologie est une chimie particulière du carbone, mais bien entendu, la Vie joue un rôle fondamental dans d'autres cycles géologiques). Dans cette partie du cours, on révisé les notions au sujet du cycle du carbone (vues en particulier dans le cours l'Homme et la Planète) avec pour premier objectif de pointer les principales interventions de la Vie dans ce cycle.

Ce paragraphe repose largement sur le document distribué montrant les différents réservoirs de carbone et leurs échanges. Attention : les tailles des boîtes ne sont pas à l'échelle.

6 Réervoirs (en 10^{15} g C)



2.1. Les réservoirs du cycle du carbone

Atmosphère.

720 10^{15} g de carbone = $6 \cdot 10^{16}$ moles de carbone

Forme chimique essentielle : le gaz CO_2 . 2640 10^{15} g ; 2640 Gigatonnes de CO_2 .

Océan.

36000 10^{15} g de carbone = $3 \cdot 10^{18}$ moles de carbone

Forme chimique essentielle : l'ion en solution hydrogénocarbonate (bicarbonate) HCO_3^- .

Carbonates. On veut dire des carbonates solides.

50000 10^{18} g de carbone = $4 \cdot 10^{21}$ moles de carbone

Forme chimique essentielle : le minéral solide CaCO_3 .

Notions de calcite, d'aragonite, de dolomite, de sédiment, de calcaire ou roche calcaire.

Biomasse.

C'est l'ensemble des êtres en Vie. Attention : la définition donnée ici n'est pas la seule possible pour la biomasse. D'autres définitions incluent la biomasse telle qu'elle est définie ici plus tous ses produits dérivés. Dans le cadre de ce cours, on utilisera la définition donnée ici.

500-800 10^{15} g de carbone = $4-7 \cdot 10^{16}$ moles de carbone

Forme chimique essentielle : polysaccharides, protéines, lipides. Formule pas évidente à déterminer. On peut proposer une formule moyenne et approximative : $\text{C}_{100}\text{H}_{200}\text{O}_{100}\text{N}_{15}\text{P}$

On symbolise souvent cette composition par CH_2O

Incertitude sur la masse de la biomasse.

Par exemple, biosphère profonde dans la croûte.

Matière organique des Sols

1500 10^{15} g de carbone = $14 \cdot 10^{16}$ moles de carbone

Forme chimique essentielle : Matière organique pas très différente de la biomasse

On symbolise souvent cette composition par CH_2O .

Kérogènes : carbone réduit dans les roches (charbon, pétrole etc.. mais aussi matière organique diffuse). Ce terme de "kérogène" est assez impropre mais il est souvent utilisé en ce sens en géochimie

13000 10^{18} g de carbone = 10^{21} moles de carbone

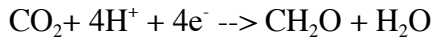
Forme chimique essentielle : Matière organique $\text{C}_{100}\text{H}_{200}\text{O}_1$ (exemple de pétrole), $\text{C}_{100}\text{H}_{50}\text{O}_4\text{N}_2$ (exemple de charbon).

Le pétrole et le gaz naturel sont un résidu ayant migré à partir d'une roche mère et qui ont été piégés dans un piège géologique

Carbone oxydé et carbone réduit

Notions chimiques de carbone oxydé (atmosphère, océan, carbonates) et de carbone réduit (notion de matière organique : biomasse, matière organique des sols, kérogènes).

Le passage entre carbone oxydé et carbone réduit (notion de production primaire) est mis sous forme d'équations chimiques. Règles générales à partir d'un exemple : la production primaire de matière organique



La production primaire est une réduction du CO_2 .

Méthode systématique pour équilibrer

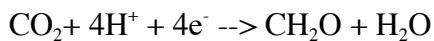
1. On équilibre les atomes autres que H et O avec les coefficients appropriés
2. On équilibre les O avec des molécules de H_2O .
3. On équilibre les H avec des H^+ .
4. On équilibre les charges avec des e^-

2.2. Processus et flux dans le cycle du carbone

On positionne les numéros sur les flèches du document

1. De l'atmosphère vers la biomasse (continentale et océanique)

Production primaire (sous entendu production primaire de matière organique à partir de CO_2) :

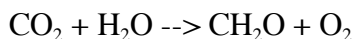


Les e^- n'existent pas librement. Il faut donc un donneur d' e^- .

Dans le cas de la photosynthèse oxygénique qui domine très largement la production primaire dans la Terre actuelle, ce donneur est l'eau photolysée par la lumière solaire.



Le bilan est:

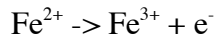


$100 \cdot 10^{15}$ g de carbone/an = 10^{16} moles de carbone/an
 $440 \cdot 10^{15}$ g de CO_2 /an ; 440 Gigatonnes de CO_2 /an

C'est le fait des végétaux (via leurs chloroplastes), de nombreux eucaryotes unicellulaires (ex Euglena) également via leurs chloroplastes, et chez les procaryotes, des cynaobactéries.

Il existe d'autres modes de production primaire, bien plus mineurs en termes de flux

Ex utilisation de Fe^{2+} comme donneur d'électrons



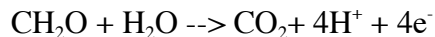
Marche dans des milieux pauvres en O_2 pour que le Fe^{2+} soit assez stable pour être transporté

Cette réaction fonctionne dans certains milieux :

- 1) hydrothermalisme océanique
- 2) zones anoxiques de l'océan
- 3) résidus miniers très acides (Fe^{2+} est alors assez stable)

Pendant la moitié de l'histoire de la Terre et de la Vie, seuls des métabolismes sans oxygène, donc de ce type, étaient présents. Quand le O_2 atmosphérique est apparu à -2.3 Ga, ces métabolismes se sont réfugiés en profondeur dans les eaux ou surtout les sols et les sédiments.

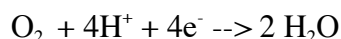
2. De la biomasse vers l'atmosphère. Respiration + combustion



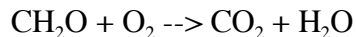
La respiration est une oxydation de la matière organique en CO_2 .

Les e^- n'existent pas librement. Il faut donc un accepteur d' e^- .

La respiration aérobie, oxygénique, est la plus importante dans la Terre actuelle. Le di-oxygène joue le rôle d'accepteur d'électrons

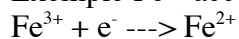


En combinant ces deux réactions, on obtient:



Dans la Terre actuelle, près de la moitié des respirations n'utilisent pas le di-oxygène comme accepteur d'électrons. Elles peuvent ainsi opérer en profondeur dans les sols et les sédiments en conditions sans oxygène : anaérobies ou anoxiques.

Exemple Fe^{3+} accepteur d'électrons.



Ce type de respiration sans O_2 se fait exclusivement chez les procaryotes.

Pendant la moitié de l'histoire de la Terre et de la Vie, seuls des métabolismes sans oxygène, donc de ce type, étaient présents. Quand le O₂ atmosphérique est apparu à -2.3 Ga, ces métabolismes se sont réfugiés en profondeur dans les eaux ou surtout les sols et les sédiments. Par contre, les eucaryotes pratiquent essentiellement la respiration oxygénique, ce qui suggère une apparition après -2.3 Ga.

À quelques pour mille près, sur quelques dizaines d'années, le flux de respiration + combustion est égal à la production primaire

L'ensemble production primaire/respiration est bien un cycle. Un cycle court : temps de résidence : quelques années

Entièrement contrôlé par la biologie. C'est le propre de la biologie d'être capable de fermer ce cycle rapidement (dynamique du vivant; consommer toute la ressource organique le mieux et le plus vite possible).