

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

Introduction

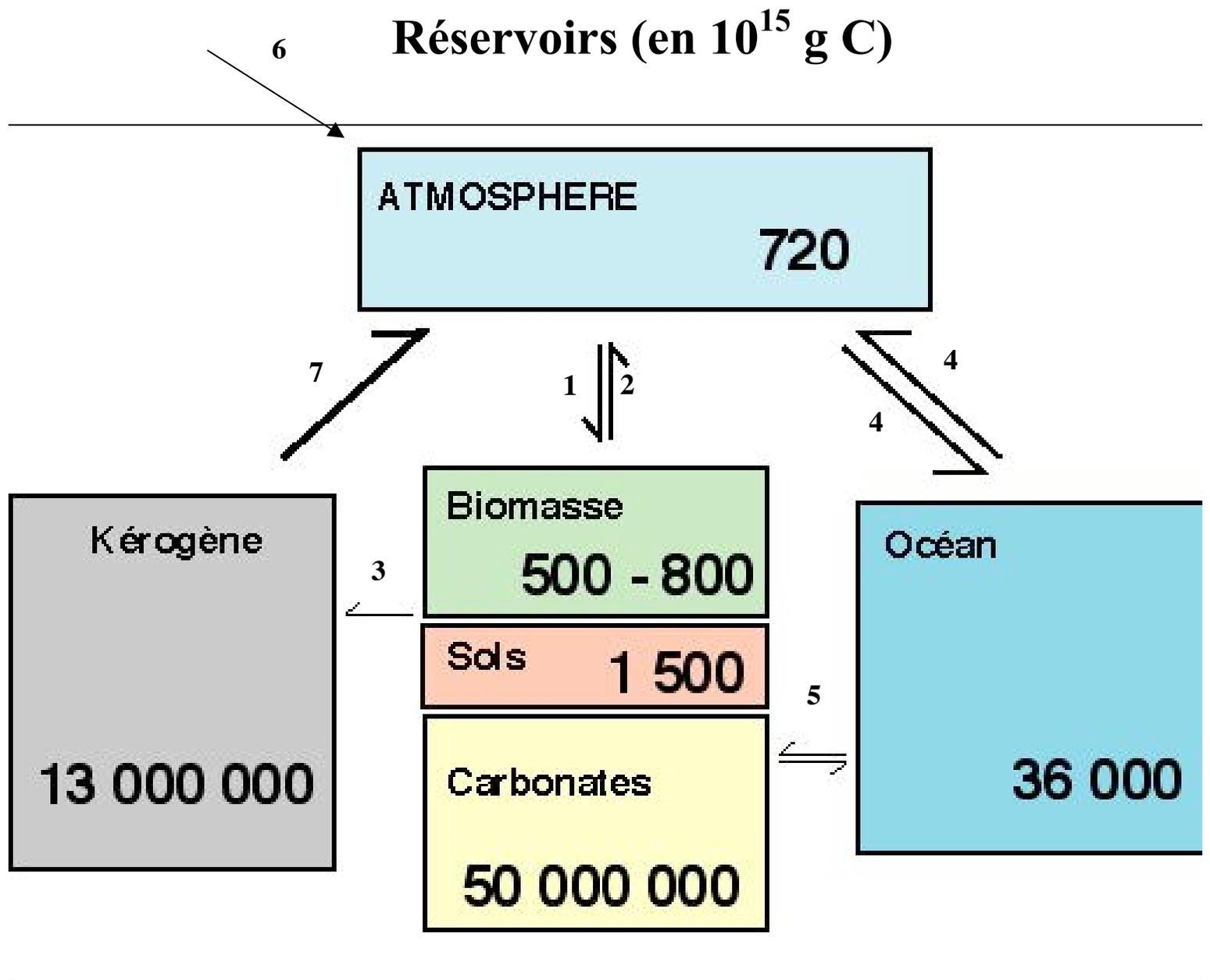
Objectif du cours :

1. donner un aperçu général de la biologie avec en tête ses implications pour les sciences de la Terre
2. Aboutir à une réflexion : Qu'est ce que la Vie? Peut on discuter de son origine?
3. Aboutir à une réflexion : quel est le rôle spécifique de la biologie sur les processus géologiques

1 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 la suite du cours « l'homme et la planète », on révisé les notions au sujet du cycle du carbone 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.



1.1. Les réservoirs du cycle du carbone

Atmosphère.

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

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

Océan.

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

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

Carbonates.

$50000 \cdot 10^{18}$ 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.

$500-800 \cdot 10^{15}$ 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. Vous aurez un TD là dessus

Matière organique des Sols

$1500 \cdot 10^{15}$ 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

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

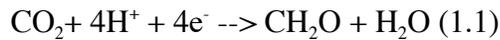
Forme chimique essentielle : Matière organique $\text{C}_{100}\text{H}_{200}\text{O}_1$ (exemple de pétrole), $\text{C}_{100}\text{H}_{50}\text{O}_4\text{N}_2$ (exemple de charbon). On la symbolisera par CH

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



Écriture des demi-réactions d'oxydo-réduction



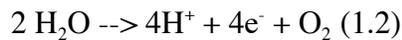
La production primaire est une réduction du CO_2 .

Méthode systématique pour équilibrer

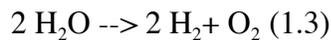
1. On équilibre les C avec les coefficients appropriés
2. On équilibre les O avec des molécules de H_2O .
3. On équilibre les H avec des H^+ .
4. On équilibre les charges avec des e^-

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

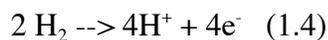
Dans le cas de la photosynthèse oxygénique qui domine très largement la production primaire dans la Terre actuelle, ce donneur est l'eau photolysée par la lumière solaire.



On peut remarquer que sur le plan du bilan, la photolyse de l'eau revient à



couplé au fait que le di-hydrogène est un bon donneur d'électrons suivant



Donc, d'une certaine manière, la photosynthèse oxygénique revient à extraire H_2 de H_2O et à s'en servir comme donneur d'électrons

En combinant (1.3) et (1.4), on obtient (1.2)

En combinant (1.2) et (1.1), on obtient l'équation 1.

1.2. Processus et flux dans le cycle du carbone

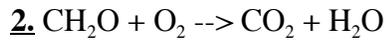
On positionne les numéros sur les flèches du document

1. *De l'atmosphère vers la biomasse* (continentale et océanique) Production primaire : photosynthèse



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

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



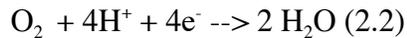
Écriture des demi-réactions d'oxydo-réduction



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

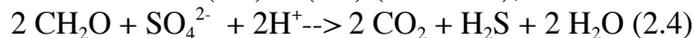


En combinant (2.2) et (2.1), on obtient l'équation 2.

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.

Un exemple parmi de nombreux autres l'ion sulfate SO_4^{2-} .
 $\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}$ (2.3)

En combinant (2.3) et (2.1) (deux fois), on obtient :



équation de la respiration des sulfates : sulfatoréduction

Ce type de respiration se fait exclusivement chez les procaryotes : bactéries et archeae sulfato-réductrices

In fine H_2S est re-oxydé par O_2 (soit par des procaryotes soit par des processus abiotiques) suivant



En combinant (2.4) et (2.5), on retombe sur 2., ce qui montre bien que toutes les respirations finissent par correspondre au bilan 2.1

C'est bien un cycle

À quelques pourcents près, égal à la production primaire

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.

Qu'est ce qui fixe les valeurs de ces flux : les nutriments limitants N, P, Fe. Donc la géologie et l'activité humaine.

Que peut on en dire dans le passé de la Terre ? Traces géologiques ?

3. *De la biomasse et des sols vers les kérogènes.*

Sédimentation organique et maturation de la matière organique



Cela symbolise la maturation de la matière organique

De l'ordre de $0.1 \cdot 10^{15}$ g de carbone/an = 10^{13} moles de carbone/an.

Ce processus correspond à un stockage géologique de $0.4 \cdot 10^{15}$ g de CO_2 /an = 0.4 Gtonne de CO_2 /an.

C'est la vitesse de constitution des kérogènes.

Lien avec la constitution des pétroles et charbons, combustibles fossiles

Phénomène géologique largement influencé par la biologie (dégradation de la matière organique).