

**Partiel Géobiologie Décembre 2007. Durée 1 heure
Avec correction**

1 :

- Décrivez brièvement l'histoire de l'oxygène atmosphérique terrestre au cours des temps géologiques.

Pas de O₂ dans l'atmosphère avant -2.3 milliards d'années (Ga)

Une quantité de atmosphérique proche de l'actuelle (avec des fluctuations) après -0.6 Ga

Des niveaux de O₂ atmosphériques plus modérés qu'à l'actuel entre ces deux dates sans que l'on sache si les augmentations ont été brutales ou progressives.

- Indiquez (1) les principaux processus biologiques et (2) les principaux processus géologiques qui influencent la quantité d'oxygène atmosphérique.

(1) La photosynthèse oxygénique est le processus biologique producteur de O₂ atmosphérique tandis que la respiration consomme la plus grande part de ce O₂ produit.

(2) La sédimentation de matières organiques, en soustrayant à l'oxydation une partie des matières organiques produites par production primaire, est indirectement à l'origine d'un flux positif permanent de O₂ vers l'atmosphère. Ce flux est régulé par l'oxydation de matériaux réduits d'origine profonde (manteau terrestre) apportés au contact de l'océan par la dynamique interne de la Terre (essentiellement l'hydrothermalisme océanique sur les dorsales)

2 :

- Citez un exemple de grande crise ayant affecté la biosphère. Donnez une indication chronologique sur le moment de cette crise (en millions d'années par rapport à l'actuel).

La crise crétacé-tertiaire à -65 millions d'années (-65 Ma) ou la crise permo/trias à -250 Ma

- Décrivez brièvement les observations paléontologiques associées à la crise, et les effets de la crise (1) sur la biodiversité, (2) sur le cycle du carbone.

Ces crises sont marquées d'un point de vue paléontologique par un fort changement des fossiles présents dans les couches géologiques entre le avant et le après, par une baisse forte de la diversité et de la quantité des fossiles juste après la crise qui retrouvent leurs niveaux antérieurs (mais avec des fossiles pour la plupart différent) après un temps estimé de quelques millions d'années.

(1) La crise est associée à une très forte baisse du nombre de genres et d'espèces répertoriés dans les couches géologiques qui la suivent immédiatement.

(2) Ces crises sont souvent associées à des anomalies de composition isotopique du carbone dans les kérogènes et dans les carbonates contemporains de la crise. Ces anomalies traduisent une forte perturbation globale du cycle du carbone. L'interprétation la plus courante est une oxydation importante de carbone organique non compensée par de la photosynthèse. Avant de se résorber, ce phénomène est susceptible d'induire un réchauffement climatique sur des périodes de l'ordre du million d'années

- Discutez brièvement les causes géologiques possibles de la crise.

Dans la plupart des modèles orientés vers les causes géologiques de la crise, on invoque une pollution de l'atmosphère par des quantités importantes de poussières qui refroidissent la planète et réduisent l'activité photosynthétique, d'où l'oxydation non compensée par photosynthèse de matière organique, oxydation qui induit une anoxie partielle ou totale dans les océans, et à plus long terme réchauffement climatique (pas incompatible avec un refroidissement initial) et acidification des océans.

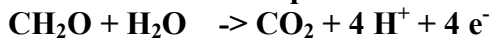
Pour produire ces poussières (scénario de l'hiver nucléaire), on invoque un volcanisme aérien massif (traps de Sibérie à la limite perm/trias et traps du Deccan à la limite crétacé-tertiaire) et/ou un impact de météorite (Chixculub à la limite crétacé/tertiaire)

3 :

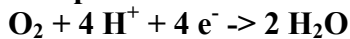
- Ecrivez les demi-équations redox et l'équation bilan de la respiration aérobie, de la méthanotrophie anaérobie (utilisant les nitrates comme accepteur final d'électrons) et de la sulfato-réduction.

Respiration aérobie

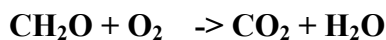
Demi réaction de respiration



Acceptation des électrons par O₂

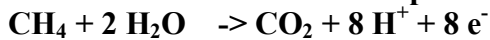


Bilan

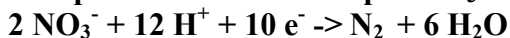


Méthanotrophie anaérobie (c'est à dire oxydation du methane en utilisant les nitrates comme accepteur final d'électrons)

Demi réaction de méthanotrophie



Acceptation des électrons par NO₃⁻



Bilan

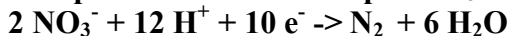


Autre réponse acceptée car cela peut être aussi considéré comme de la méthanotrophie

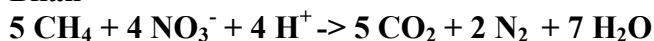
Demi réaction de méthanotrophie



Acceptation des électrons par NO₃⁻

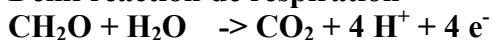


Bilan

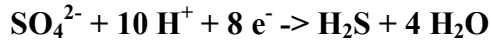


Sulfatoréduction

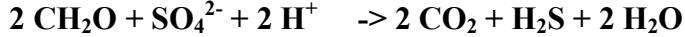
Demi réaction de respiration



Acceptation des électrons par SO₄²⁻



Bilan



- Comparez l'efficacité d'un point de vue énergétique des trois métabolismes sus-cités.

On compare le pouvoir oxydant des trois accepteurs d'électrons

Donc par efficacité décroissante : (1) O_2 ; (2) NO_3^- ; (3) SO_4^{2-}

- Quelle est la signature isotopique ($\delta^{13}\text{C}$) des organismes méthanotrophes ? Comparez-la aux valeurs moyennes du $\delta^{13}\text{C}$ dans la matière organique et dans les carbonates.

Le méthane étant une molécule en général très enrichie en ^{12}C , les organismes qui se nourrissent de méthane ont un $\delta^{13}\text{C}$ très négatif (-50 pour mil voire plus négatif encore). Ce sont des valeurs moyennes plus négatives que les moyennes de la matière organique (-25 pour mil) et des carbonates (0 pour mille).

A quelle(s) époque(s), cette biomasse méthanotrophe a t'elle été particulièrement développée ? Quels sont les marqueurs de ces événements dans le registre fossile ?

Il est vraisemblable que la biomasse méthanotrophe s'est beaucoup développée à des époques où l'atmosphère était particulièrement riche en méthane. Cela a pu être le cas à l'archéen et lors d'évènements anoxiques ultérieurs (car si moins de O_2 dans l'atmosphère, plus de méthane) comme par exemple à la limite permien/trias. Les marqueurs qui doivent être recherchés dans le registre fossile sont des valeurs très négatives du $\delta^{13}\text{C}$ des kérogènes ou des carbonates (ces derniers produits par l'oxydation du méthane).