

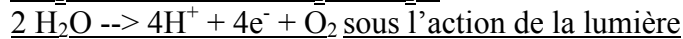
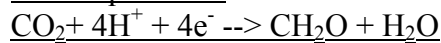
Introduction : Les réactions du vivant sont basées sur des transferts d'électrons

La vie est basée sur des mécanismes de transfert d'électrons, assurant la production d'énergie (ATP). Ces réactions mettent en jeu des donneurs et accepteurs d'électrons. Les deux réactions les plus classiques, basées sur ces mécanismes, sont la photosynthèse oxygénique et la respiration aérobie

Définissez les termes "photosynthèse oxygénique" et "respiration aérobie". Ecrivez les demi-équations électroniques de la photosynthèse oxygénique et de la respiration aérobie.

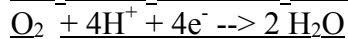
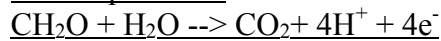
photosynthèse oxygénique : $CO_2 + H_2O \rightarrow CH_2O + O_2$ sous l'action de la lumière

demi-équations :



respiration aérobie : $CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

demi-équations :



Les métabolismes de la biosphère profonde

Différents types d'environnements dits profonds abritent des êtres vivants : sédiments profonds, cavités souterraines et aquifères profonds, sous-sols océaniques et continentaux, systèmes hydrothermaux, réservoirs d'huile et de pétrole, ...

1. Des métabolismes adaptés aux contraintes de l'environnement

- Citez des contraintes physico-chimiques des environnements profonds susceptibles de limiter ou de contraindre fortement la présence d'organismes vivants dans ces milieux.

Absence de lumière, absence d'O₂, température, pression, nutriments peu abondants

- Quels mécanismes métaboliques sont rendus impossibles par ces caractéristiques physico-chimiques ?

Photosynthèse. Respiration aérobie.

- Quelles adaptations métaboliques et/ou physiologiques peuvent assurer une forme de vie dans ce contexte ?

Utiliser des sources chimiques minérales pour l'énergie, respiration anaérobie, résistance aux hautes températures et aux hautes pressions

-Définissez les termes : autotrophe / hétérotrophe, phototrophe / chimiotrophe, lithotrophe / organotrophe.

Autotrophe : utilise des sources non organiques pour le carbone et l'énergie

Hétérotrophe : utilise des sources organiques pour le carbone et l'énergie

Phototrophe : utilise la lumière comme source d'énergie

Chimiotrophe : utilise des composés chimiques comme source d'énergie

Lithotrophe : utilise des sources non organiques pour le carbone

Organotrophe : utilise des sources organiques pour le carbone

Exemple : les arbres sont des autotrophes, lithophototrophes. Nous nous sommes hétérotrophes, chimioorganotrophes

2. Les sources d'énergie potentielles pour la biosphère profonde

Une échelle redox regroupant quelques couples redox vous est donnée en **Figure 1**.

-Identifiez les accepteurs finaux d'électrons potentiels pouvant intervenir dans des réactions de respiration anaérobie (métabolisme de la biosphère profonde).

Les principaux seront les nitrates NO_3^- , les sulfates SO_4^{2-} et les oxydes de fer(III) comme Fe_2O_3 ou FeOOH

Quelles peuvent être les sources de ces accepteurs terminaux d'électrons potentiels dans un contexte océanique profond?

Dans les sédiments océaniques profonds ou la croûte océanique, les principaux accepteurs terminaux d'électrons sont les sulfates SO_4^{2-} qui viennent de l'eau de mer qui, à proximité des dorsales, percole par hydrothermalisme océanique (et ressort sous forme d'eau chaude au niveau des fumeurs après quelques kilomètres de circulation dans la croûte océanique). Le CO_2 présent en profondeur (origine magmatique suite à la fusion partielle du manteau) peut aussi jouer un rôle d'accepteur d'électrons dans la méthanogenèse

-Identifiez les donneurs d'électrons potentiels, dont l'oxydation peut être une source d'énergie pour des organismes chimiolithotrophes.

Ce sont principalement le H_2 , le H_2S et le Fe^{2+} .

Quelles peuvent être les sources de ces donneurs d'électrons potentiels dans un contexte océanique profond?

Ils proviennent essentiellement du manteau et sont concentrés dans la croûte océanique lors de la fusion partielle du manteau. H_2S peut aussi provenir de la réduction biologique ou non des sulfates.

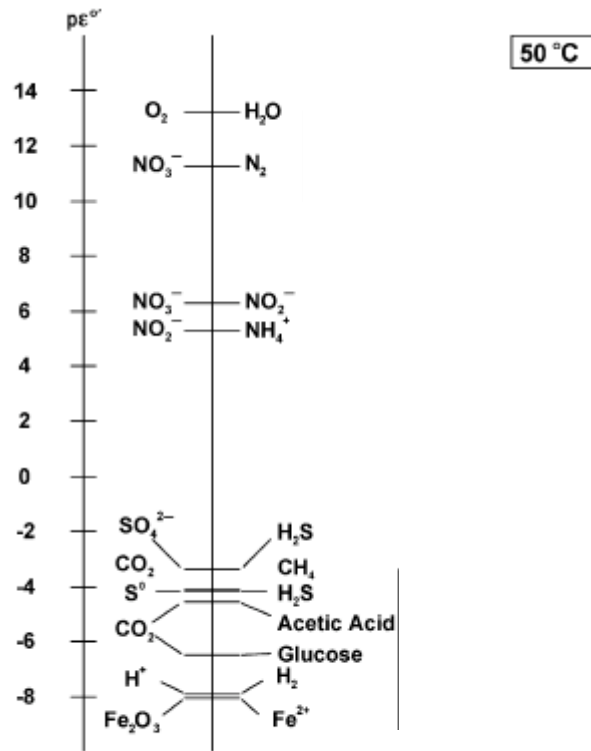


Figure 1 – Echelle des potentiels redox de quelques couples redox à 50°C et 1bar, à pH neutre.

3. Les métabolismes de la biosphère profonde et leurs rendements énergétiques

Nommez les métabolismes correspondants aux couples redox identifiés au 2.

Respiration anaérobie des nitrates: dénitrification (bactéries dénitrifiantes)

Respiration anaérobie des sulfates : sulfato-réduction (bactéries sulfato-réductrices)

Respiration anaérobie des oxydes de fer (III): ferri-réduction (bactéries ferri-réductrices)

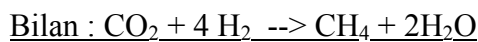
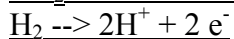
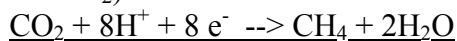
Utilisation de H₂ comme donneur d'électrons : hydrogéntrophie

Utilisation de Fe²⁺ comme donneur d'électrons : ferro-oxydation (bactéries ferro-oxydantes)

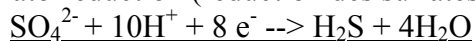
Utilisation de H₂S comme donneur d'électrons : sulfo-oxydation (bactéries sulfo-oxydantes)

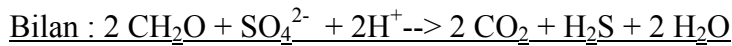
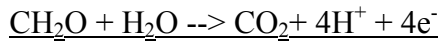
Ecrivez les demi-équations et la réaction bilan de :

- la méthanogénèse autotrophe (oxydation de H₂ / production de méthane à partir de CO₂)



- la sulfato-réduction (réduction des sulfates en H₂S / oxydation de matière organique CH₂O)





Les rendements énergétiques des différents métabolismes basés sur la réduction ou l'oxydation de composés inorganiques dépendent de la nature des molécules utilisées comme donneur ou accepteur d'électrons. Ils peuvent être évalués en déterminant l'énergie libre de Gibbs des réactions en jeu. Comment est calculée cette valeur?

A partir de bases de données thermodynamiques

Pour quelles valeurs de ΔG , les réactions considérées seront-elles thermodynamiquement plus favorables ?

Plus ΔG est négatif, plus la réaction sera thermodynamiquement favorable

Le paramètre $p\varepsilon'^{\circ}$ indiqué sur l'échelle d'oxydo-réduction précédente est lié à ΔG_0 , selon une relation du type :

$$p\varepsilon'^{\circ} = -A \cdot \Delta G_0 + B \quad (A, B, \text{ constantes positives pour une réaction donnée}).$$

D'après les considérations précédentes, quelle forme de respiration est la plus favorable d'un point de vue énergétique à 50°C ?

La respiration aérobie

D'après ces résultats, esquissez le profil de répartition des différents types de respiration (aérobie, anaérobie) en fonction de la profondeur dans une croûte océanique (on ne tiendra pas compte de l'augmentation de température avec la profondeur).

Respiration aérobie à la surface et immédiatement en dessous (quelques centimètres à quelques mètres suivant les cas)

Anaérobiose en dessous. Surtout de la sulfato-réduction.