

Partie 1 - L'eau

Sommaire

Rappels

Oxydoréduction
Solubilité et précipitation
Rendement énergétique
Énergie et puissance

Eau et climat

Circulation océanique
Océans et CO₂
Climat et érosion

Pollution, traitements et contrôles

Principaux polluants chimiques
Lutte contre la pollution
Production d'eau potable
Traitement des eaux

Hydrogène et pile à combustible

Principe de fonctionnement d'une pile
Pile à combustible
Production de H₂
Le H₂ comme source d'énergie

Rappels

Oxydoréduction

Couple oxydant / réducteur

Oxydant : entité capable de gagner des e⁻

Réducteur : entité capable de céder des e⁻

Couple rédox : noté Ox / Réd (exemple : ClO⁻/Cl⁻)

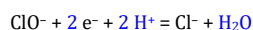
Réactions d'oxydoréduction

Oxydation : perte d'e⁻ (**Anode**)

Réduction : gain d'e⁻ (**Cathode**)

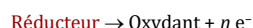
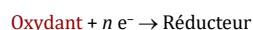
Demi-réaction rédox : Ox + n e⁻ = Réd

Pour équilibrer, on peut ajouter H₂O et H⁺ si nécessaire. Les **charges** doivent également être équilibrées.



Réaction d'oxydoréduction

Réaction entre un **oxydant** (oxyde / est réduit) et un **réducteur** (réduit / est oxydé).



Équation bilan d'oxydoréduction

Associer des 2 demi-réactions : il doit y avoir **autant d'e⁻ dans chacune** → il faut parfois multiplier une demi-équation par un certain facteur pour que ce soit le cas.

Solubilité et précipitation

La **solubilité** d'une espèce est la quantité de matière (ou la masse) maximale d'une espèce chimique que l'on peut dissoudre dans un solvant donné, à une température donnée.

La solubilité peut être très variable d'un soluté à l'autre dans un même solvant, ou d'un solvant à l'autre, pour un même soluté :

Dans l'eau à 25 °C : $S_{\text{NaCl}} = 357 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, $S_{\text{AgCl}} \approx 0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Dans l'éthanol à 25 °C : $S_{\text{NaCl}} = 0,51 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

La **précipitation** d'une espèce est le passage de l'état dissous à l'état solide de cette espèce au sein du solvant.

Une précipitation peut être due à plusieurs changements de conditions :

- Diminution de la quantité de solvant (par évaporation)
- Variation du pH
- Variation de la température du mélange
- Formation de l'espèce qui précipite en quantité suffisante pour que le seuil de solubilité soit dépassé.

Rendement énergétique

Le rendement énergétique d'un dispositif ou d'un procédé (pile, réaction chimique, moteur, etc.) est défini par :

$$\eta = \frac{E_{\text{produite utile}}}{E_{\text{reçue}}}$$

Énergie et puissance

L'unité SI de l'énergie est le joule (J).

Il en existe d'autres, couramment utilisées : la calorie (cal), le watt-heure (W·h) et la tonne-équivalent-pétrole (TEP).

La puissance est un **débit d'énergie** (consommé ou reçue), c'est-à-dire un nombre de joules produit ou consommé par seconde ($1 \text{ W} = 1 \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$)

Eau et climat

TP 1.1 : Détermination de la salinité d'une eau de mer

Objectif : Déterminer la salinité d'une eau de mer

Circulation océanique

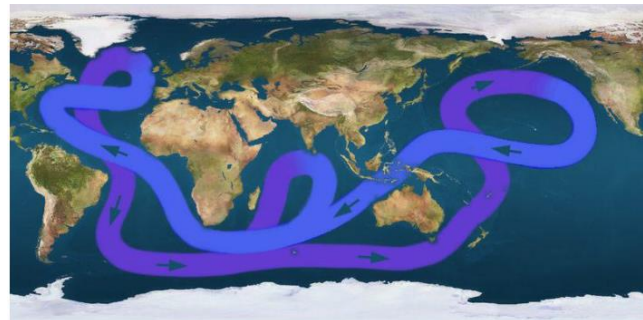
Les **grands courants océaniques** contribuent à diminuer les différences de température entre les pôles et l'équateur. Ce sont des régulateurs du climat.

Ces courants sont dus à des différences de densité des grandes masses d'eau. La **salinité** et la **température** de l'eau de mer sont les deux facteurs ayant une influence sur sa densité.

• [Circulation thermohaline en aquarium](#) (vidéo expérience)

• [Modélisation de la circulation thermohaline](#) (animation)

• [Circulation thermohaline et climat](#) (vidéo interview chercheur)



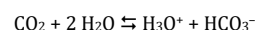
Circulation thermohaline

2015 MET Un aspect du réchauffement climatique

Océans et CO₂

Les activités humaines rejettent une grande quantité de CO₂. **Les mers et océans en absorbent environ 30 %**, ce qui contribue à diminuer l'impact de ce gaz sur le climat (effet de serre).

La dissolution du CO₂ dans l'eau en diminue le pH. On parle de **acidification des océans**.



Cette acidification a un impact sur l'écologie des océans, perturbant gravement les écosystèmes.

De plus, quand la température de l'eau augmente, les gaz y sont moins solubles. **Le réchauffement climatique entraîne donc une diminution de l'absorption du CO₂ par les océans**. Ceci a pour conséquence une aggravation de l'effet de serre.

Climat et érosion

L'**érosion** de certains minéraux par l'eau entraîne une **consommation du CO₂ atmosphérique**, diminuant sa teneur dans l'atmosphère et donc l'effet de serre.

Pollution, traitements et contrôles

C'est sur ce paragraphe que porte la grande majorité des exercices donnés au bac. Il s'agit de problèmes portant sur un dosage.

Dosage : détermination de la concentration ou de la quantité de matière d'une espèce chimique donnée (vu au chapitre C4 du tronc commun). Le dosage spectrophotométrique (ou colorimétrique) par droite d'étalonnage a été vu en 1^{ère} S.

Titration : dosage impliquant une réaction chimique.

Réaction de titrage : Elle fait intervenir le réactif titré, dont on veut connaître la quantité de matière, et le réactif titrant que l'on peut ajouter de manière contrôlée. Cette réaction doit être :

- **Totale** (sinon, on ne sait pas quelle proportion du réactif titré a réagi)

- **Rapide** (sinon, on ne repère pas immédiatement le moment où les deux réactifs ont été introduits en proportion stoechiométrique).
- **Spécifique** au réactif titré (si le réactif titrant réagit avec d'autres espèces, on ne peut pas en déduire la quantité initiale de réactif titré)
- **À équivalence repérable** (on doit pouvoir détecter le moment où l'on a introduit le réactif titrant en quantité stoechiométrique).

Lorsque l'on a atteint l'**équivalence**, c'est-à-dire lorsqu'on a fait réagir le réactif titrant et le réactif titré en proportion stoechiométrique, **on en déduit la quantité initiale de réactif titré** connaissant la quantité de réactif titrant introduite.

TP 1.2 : Traitement d'une pollution aux métaux lourds

Objectif: Éliminer le manganèse contenu dans une solution de permanganate de potassium.

TP 1.3 : Dureté d'une eau

Objectif: Doser les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dans une eau du robinet, pour en déterminer sa dureté

TP 1.4 : Filtration au charbon actif

Problématique: Quelle est l'efficacité du charbon actif dans la filtration de certaines molécules ?

Principaux polluants chimiques

Nitrates et phosphates

NO_3^- et PO_4^{3-} . Ces ions existent naturellement mais l'**agriculture intensive** génère des apports massifs de ces ions (fertilisants). Effets néfastes sur la santé lorsqu'ils sont présents en quantité importante dans l'eau de consommation. Responsable de l'**eutrophisation** des milieux aquatiques (développement excessifs de certaines algues due à une abondance de nutriments, au détriment d'autres espèces).

Espèces chimiques organiques

Pesticides, médicaments, polychlorobiphényles (PCB, utilisé dans les installations électriques jusqu'en 1987), marée noire, plastiques. Elles sont issues de l'**industrie**, de l'**agriculture intensive** et des **rejets ménagers**.

Les molécules organiques biodégradables consomment généralement du O_2 lors de leur dégradation, ce qui **asphyxie** les espèces aquatiques. Certaines molécules organiques sont **toxiques** (perturbation de la reproduction, baisse de l'efficacité du système immunitaire ou toxicité plus aiguë encore).

Métaux lourds

Plomb, mercure, arsenic, cuivre, zinc, cadmium... Ils sont produits par de nombreuses **activités humaines** (métallurgie, incinérateur d'ordure, activité minière). Ils sont tous **très toxiques**. Ils s'accumulent dans les organismes.

Espèces acides

Ces espèces chimiques acidifient l'eau (SO_2 , NO_2 , etc). Elles sont produites par les **industries** et les **activités minières**. La baisse du pH de l'eau (pluies acides, lacs) a un **impact sur la biodiversité**, voire peut empêcher la vie selon le degré d'acidité.

Acid Rain

Lutte contre la pollution

Un des objectifs de la chimie actuelle est de lutter contre la pollution. Cela peut se faire de deux manières :

- **Guérir** : Mise au point de traitement de décontamination d'un milieu
- **Prévenir** : Développer des méthodes de production moins polluantes (choix des solvants, rendement des réactions, produits secondaires).

Production d'eau potable

L'eau potable est tirée des **eaux de surface** ou des **eaux souterraines**.

Des normes régissent les teneurs maximales des espèces dissoutes et la quantité de bactéries admissibles. Elle est donc traitée avant d'être distribuée.

La **dureté** d'une eau dépend de sa teneur en ions calcium et magnésium. Ces ions ne sont pas toxiques, mais une concentration élevée peut entraîner des désagréments comme une diminution de la durée de vie des machines à laver (formation de calcaire lorsque l'eau est chauffée ou lorsqu'elle s'évapore).

Le traitement de l'eau avant distribution

2014 PON Eau potable ou non ?

Traitement des eaux

Les eaux usées sont rejetées dans la Nature, après un traitement destiné à les dépolluer.

Quelques exemples de ces traitements bio-physico-chimiques

- **Dégrillage** : une filtration grossière pour éliminer les gros déchets.

- **Décantation** : élimine les polluants non solubles (sable, graisses, boues).
- **Floculation** : fait précipiter certains polluants présents à l'état de particules de très petites dimensions, qui mettraient autrement beaucoup de temps à décanter.
- **Traitement biologique** : des bactéries consomment les matières organiques (sucres)

L'assainissement des eaux usées

2015 NCAR Le lagunage

Hydrogène et pile à combustible

Principe de fonctionnement d'une pile

Une pile électrique est un dispositif électrochimique qui convertit de l'énergie chimique en énergie électrique grâce à une **réaction chimique d'oxydoréduction**.

Les réactifs ne sont pas directement en contact, mais réagissent par échange d'électrons à travers le circuit électrique que la pile alimente. Un pont ionique permet également l'échange de charges, de manière à compenser le déséquilibre de charges induit par l'échange d'électrons entre les réactifs. Toutes les piles et batteries fonctionnent sur ce principe.

Pile à combustible

Une **pile** contient une certaine quantité de réactifs. Lorsque ceux-ci ont réagi, la pile est épuisée.

Les **accumulateurs électrochimiques**, appelés « batteries ou piles rechargeables », fonctionnant grâce aux réactions électrochimiques de leurs électrodes, qui assurent la conversion de l'énergie électrique en un processus chimique **réversible**.

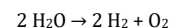
Une **batterie** est un ensemble de piles ou d'accumulateurs électrochimiques associés de façon à avoir la tension et la charge désirées.

Une **pile à combustible** est une pile que l'on peut « recharger » par ajout direct de réactifs (liquide ou gazeux). Elle a l'avantage, par rapport à une pile rechargeable classique, de pouvoir être rechargée très rapidement, puisqu'il suffit de refaire « le plein » de réactifs.

Fonctionnement d'une pile à combustible

Production de H_2

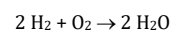
Il est produit par électrolyse de l'eau :



Cette réaction n'est pas spontanée : **elle nécessite un apport d'énergie**.

Il existe d'autres moyens de fabriquer du H_2 , notamment par transformation chimique de la biomasse.

Le dihydrogène est un **vecteur d'énergie** : il est capable de restituer une grande partie de l'énergie qui a été nécessaire à sa production, par combustion avec le dioxygène :



Cette réaction est fortement **exothermique** ($286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Le dihydrogène n'est donc pas une source d'énergie primaire, puisqu'il n'existe pas de « gisements » de dihydrogène sur Terre. Il ne peut être qu'un moyen de la stocker.

Son avantage est que sa combustion ne produit que de l'eau. Mais il est difficile à stocker : c'est un gaz, qui ne peut être liquéfié qu'à très haute pression (350 bars) ou à très basse température ($-250 \text{ }^\circ\text{C}$).

D'autres voies de production de H_2 sont explorées, notamment la production par des algues monocellulaires génétiquement modifiées, qui produiraient du H_2 à partir de l'eau par photosynthèse.

Le H_2 comme source d'énergie

Le dihydrogène produit de l'énergie par combustion avec le dioxygène. **Cette combustion peut être directe**. Dans ce cas, le dihydrogène réagit avec le dioxygène dans un moteur thermique « classique ».

Mais il peut également réagir avec le dioxygène dans une pile à combustible. Le rendement énergétique est alors meilleur. Mais le dispositif est technologiquement plus compliqué à produire, et son fonctionnement n'est pas encore pleinement satisfaisant (durabilité du « pont ionique »).

Production de H_2 et pile à combustible

2014 ANTr Mission Apollo