

LC12 : Le fer dans la matière vivante

Raphael

Element imposé

Propriétés d'oxydoréduction

Introduction pédagogique

Niveau L3

Prérequis :

- Biochimie : acides aminés, sucres, acides nucléiques (L3)
- Structure des protéines (L3)
- Oxydo-réduction en chimie : d.o., potentiel, Nernst (L1)
- Chimie organométallique : complexation, d"compte d'électrons, formalisme de Green (L2)
- Diagramme E-pH (L1)

Difficultés :

- Vocabulaire associé à la biologie
- Faire le lien avec les connaissances de chimie
- Comprendre les cascades de réactions

Biblio :

- Peycru
- Marion Lecomte
- Crabb

Activités liées

- Réalisation de poster thématiques
- Utilisation de VMD

Blabla péda : Chapitre final mais pour ceux qui veulent faire de la bio plus tard c'est le début

Introduction

Métal très présent : le fer. Pour les végan/végé, compléments au fer. A l'inverse, impossible de donner son sang si on mange trop de viande (trop de fer) [Projection de tableau périodique avec éléments utiles en bio, photo de plantes avec carences de fer ou trop de fer, santé en fonction de la quantité acceptable *Metal and life*](#)

1 Le fer dans l'organisme

1.1 Entrée du fer dans l'organisme

Fer = métal de transition $[\text{Fe}] = [\text{Ar}]3d^64s^2$

Ions communs : Fe^{2+} , Fe^{3+} en couple Ox/red $\text{Fe}_{(aq)}^{3+} + e^- = \text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ $E^\circ = 0.77 \text{ V/ESH}$

Fer entre dans le corps par l'alimentation

[Projection du diagramme E-pH du fer *ChimGéné* : à pH 7 on forme des oxydes de fer très peu soluble : problème](#)

Hydroxyde de fer III précipité après pH $\tilde{2}$ ($K_s = 2 \times 10^{-39}$)

1.2 Le fer dans l'organisme

Métalloprotéine : Toutes protéines comportant un **cofacteur métallique**. Le métal peut être un ion lié aux chaînes d'acides aminés ou un ion incorporé dans un ligand. Explique vite fait ce qu'est un cofacteur

[Projection : Hémoglobine, ferritine](#)

On a des réserves de fer dans l'organisme (en cas de besoin) par la ferritine (constituée d'hélice alpha, avec canal d'entrée et canal de sortie : $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}$. La dernière étape est possible grâce au cofacteur NADH

Est ce qu'on peut avoir des ions fer libre dans le sang? Oui mais problématique : créer des radicaux cytotoxique. $\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 = \text{Fe}^{3+} + \text{O}_2^-$

1.3 L'hémoglobine

[Projection protein data bank de la structure de l'hémoglobine : 4 chaînes, hème, complexation par histidine](#) Fer dans l'hémoglobine degré d'oxydation entre 2 et 3

Fer qui a une coordinence de 5 (avant O_2). O_2 prend la dernière place de coordination

[Projection diagramme orbitalaire de l'hémoglobine et schéma de l'hème avec et sans \$\text{O}_2\$](#)

Pourquoi important que le fer ai bougé? Transition entre deux formes : T(désoxygénée) et R (oxygénée).
Forme R plus réactive, fixe mieux le dioxygène = Protéine allosptérique (?)

[Projection : efficacité des formes de l'hémoglobine en fonction de la pression partielle](#)

2 Le fer dans les processus biologiques

Rappel, ATP = énergie de la cellule (hydrolyse donne $\Delta_r G = -36.5 \text{ kJ/mol}$)

Mais qu'en est t'il de la respiration?

2.1 Le fer dans la respiration cellulaire

Photosynthèse : $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ (on dégage de l'énergie)

Respiration = opposé : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$ (on gagne de l'énergie)

[Projection de la chaîne respiratoire : Conversion d'énergie puis schéma transfert d'électrons pendant la respiration *Peycru*](#)

Respiration :

[Projection du cytochrome B site actif et cycle catalytique *Crabb*](#)

2.2 Les complexes fer-soufre

[Projection complexes fer-souffre, propriétés \(condensateur biologique\)](#)

$[\text{Fe}_n\text{S}_n] - 0,5e, 0,4\text{V/ESH}$

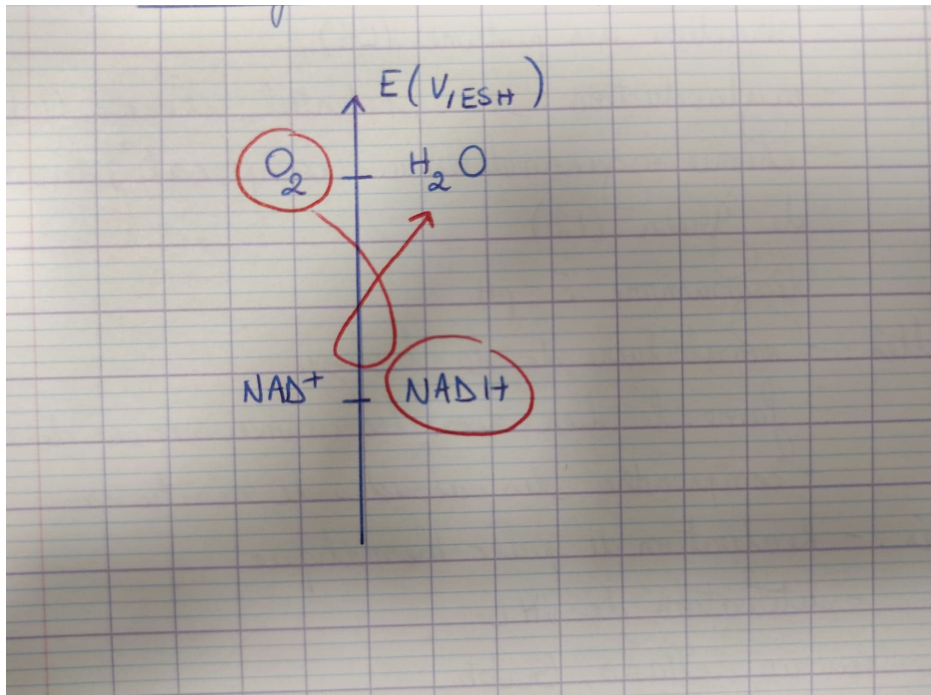


FIGURE 1 – Echelle de potentiel

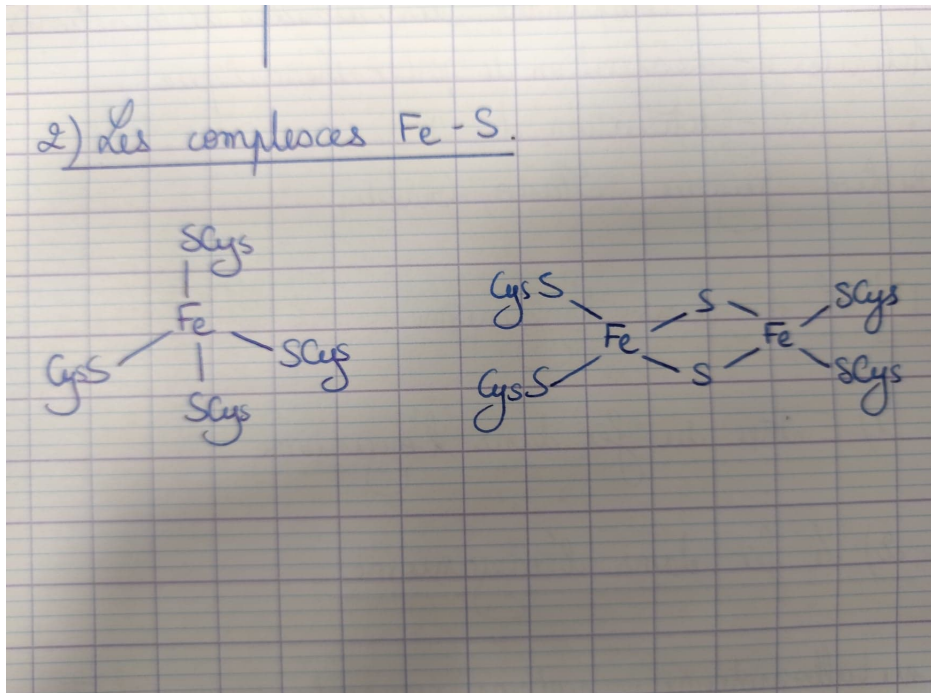


FIGURE 2 – Quelques complexes fer soufre

Conclusion

Ouverture : d'autres métaux présents dont le cuivre

3 Question

- C'est quoi la santé dans le diagramme santé en fonction de element ? Indice jour perdu en moyenne (population survivante au bout d'un certain temps)
- Dose qui fait le poison énoncé à quelle époque ? Dans l'Antiquité, avec l'Arsenic poison mais curatif en petite quantité
- Principe général ? Oui même eau tue
- Contre exemple, des molécules qui violent ce principe ? Homéopathie (bof à répondre), néonicotinoïde (tue les pauvres abeilles snif snif : plus toxique si elles en ont régulièrement en petite dose que si elles en ont pleins d'un coup).
- Nom de la maladie des plantes si pas assez de fer ? Chlorose
- Problème dans quel type de région (sol basique ou acide ?) ? Basique car oxydes de fer précipite donc moins dispo : en Champagne
- Comment se traite ? On augmente la solubilité du fer avec des ligands (citrate)
- Concentration en fer dans l'eau de mer, quelle unité ? ppm ? Dans 1 millions de molécules d'eau
- E-pH : 4g de fer dans l'eau de l'être humain
- Que calculer pour montrer que pas soluble ? la solubilité plus pédagogique
- Pourquoi Fe^{3+} pour ce calcul ? Parce que le plus stable thermodynamiquement
- Structure hélice alpha ? Secondaire
- Une autre ? Feuillet beta
- NaDH couple redox de quel nature ? Donneur d'hydrure
- H^+ plus 2 electrons ça fait quoi ? Hydrure
- Les élèves ont vu quels hydrure ? $LiAlH_4$, $NaBH_4$
- Réduit quelle famille fonctionnelle ? Aldéhydes
- ROS : O_2^- radical peroxyde
- ROS attaque les lipides (membranes)
- Trop de radicaux libres ? Stress oxydant
- Diagramme en pression partiel de O_2 . Hb ? Hémoglobine ; Diagramme pas très utile
- Efficacité d'une enzyme très particulier
- Diagramme orbitalaire de O_2 , intérêt ? pi accepteur car liaison affaiblie
- Interet de parler de ATP ? Additionner les $\Delta_r G =$
- Nom de $\Delta_r G$? Enthalpie libre de réaction
- Mais sur le schéma pas de r, pourquoi ? Parce que bouquin de bio : le mettre en difficulté
- Nom de $\Delta_r G < 0$? Exergonique
- Pourquoi parler de photosynthèse ? Car vue avant, se raccroche à quelque chose qu'ils connaissent
- On dégage de l'énergie pour les deux réactions, qui sont inverse l'une de l'autre ? Ne pas mettre qu'on degage de l'énergie dans la photosynthèse
- Nom du potentiel standard apparent ? Potentiel biochimique
- Notation ? E°

4 Retour

Bien dire les noms des fonctions et pas OH/ O- Attention sur le diagramme de l'efficacité de l'hémoglobine : Bien savoir ce qu'on montre, ce n'est pas un diagramme cinétique Attention à la bien faire la différence entre variation de l'enthalpie libre et juste enthalpie libre de réaction

Partie hémoglobine longue alors qu'on aurait pu plus développer le fer dans la respiration notamment le cycle catalytique.

Hémoglobine pas de changement redox en fait car d.O. qu'une convention (sinon en parler avec la photosynthèse)

On dit pas DO d'une espèce mais DO d'un élément dans une espèce