

LC 35 - Oxydoreduction dans la matière vivante

Niveau: L3

Prerequis

- * Reaction d'oxydo-réduction
- * Enzymes, cofacteurs
- * Decarboxylation
- * Cycle catalytique

Bibliographie

- * Clayden
- * Weil
- * Voet
- * Stryer

Introduction Pédagogique

- * Cours de niveau L3 car on arrive dans des cours plutôt spécialisés
- * Il faudra que les élèves soient déjà au point sur les réactions d'oxydoréduction et sur les biomolécules ainsi que sur les aspects généraux de la biologie, on ne redéfinira pas toutes les molécules qui interviennent à leur importance, mais on prendra quand même soin d'introduire la problématique et le rôle des molécules
- * On a fait le choix dans ce cours d'étudier l'aspect énergétique du métabolisme par ce qu'on va regarder quels mécanismes nous permettent de obtenir de l'ATP à partir d'ADP. On ne pourra pas être exhaustif et tout dire, on a donc fait le choix de se focaliser sur la dégradation du sucre
- * Par ce qu'on aura besoin que les élèves maîtrisent les cycles catalytiques et certaines réactions comme la decarboxylation
- * On aura aussi besoin que les élèves soient familiers avec les enzymes, les cofacteurs car on aura besoin de les aborder dans ce cours
- * Comme ce cours vient après un cours sur les structures des biomolécules cela ne devrait pas poser de problème
- * Comme les élèves ne sont pas familiers avec les agents redox en milieu biologique on prendra un moment au début pour les présenter
- * Comme on fait ce cours par chimistes et non par biologiste on s'efforcera d'avoir un maximum de molécules pour que l'élève puisse se raccrocher à des choses qu'il connaît, le but étant de ne pas avoir de "boîte noire" dans lesquels on ne sait pas ce qu'il se passe
- * Comme la leçon porte sur l'oxydo-réduction on fera toujours des rappels sur les demi-équations en jeu et sur le type de réaction qui sont mise en jeu
- * Le but étant de montrer que les réactions redox sont très importantes chez le vivant mais on ne pourra pas être exhaustif
- * TD : cycle catalytique cytochrome C, cytochrome c au mécanisme vison
- * TP : réduction avec des enzymes de carbo : caractère sélectif
- * Doc : Etude chaîne respiratoire

Introduction

- * Plus tôt dans l'année on a abordé les réactions d'oxydoreduction en chimie organique et inorganique, et on avait évoqué que ces réactions avaient un rôle important dans le vivant
- * En effet, il y a beaucoup de réaction d'oxydoreduction qui ont lieu dans le corps
- * Comme vous le savez le corps a besoin d'énergie pour fonctionner, et cette énergie provient en grande partie de l'ATP (progo)
- * Dans le corps l'ATP est hydrolysé en ADP (progo), comme la liaison créée est une liaison très forte cela libère de l'énergie, on a bien $\Delta G < 0 \approx -30,5 \text{ kJ/mol}$
 - ↳ exergonique
 - ↳ cette énergie permet de fournir l'énergie nécessaire à la division cellulaire, au transport d'espèces chimiques à travers les membranes, et aux réactions chimiques du métabolisme
- * Le métabolisme c'est l'ensemble des réactions chimiques qui se produisent dans le corps
- * Mais le corps va ensuite avoir besoin de recréer de l'ADP à partir de l'ATP pour remplir à nouveau les réserves d'énergie
 - ↳ On va voir comment les réactions d'oxydoreduction sont impliquées dans ce processus

Objectif : Connaître certains agents d'oxydoreduction biologiques
Comprendre l'importance de l'oxydoreduction dans certains processus biologiques

Transition : On va commencer par voir quels sont les agents d'oxydoreduction présents en milieu biologique

I. Les agents Oxydo-réducteur du vivant

* En chimie organique on utilise des agents réducteurs comme des hydrures d'aluminium ou oxydants comme des sels de chrome (*projet*)

↳ mais ces réactifs ne sont pas présents dans les cellules, cela veut donc dire qu'il y a d'autres types de réactifs (*projet*)

* Il y a des agents que l'on connaît déjà comme le dioxygène par exemple et aussi des nouveaux, on ne va bien sûr pas détailler leur rôle à tous en par en.

* Il y a aussi des enzymes qui peuvent faire des réactions d'oxydoréduction dans le corps, on les appelle les oxydoréductases

↳ en soit ce ne sont pas elles qui font les réactions comme elles sont uniquement des catalyseurs, mais parfois l'agent oxydo-réducteur est lié à l'enzyme, on parle alors de cofacteur

↳ c'est le cofacteur qui réagit et l'enzyme qui catalyse la réaction, mais il est souvent fait par abus, de dire que c'est l'enzyme qui fait la réaction.

projet * Elles peuvent être divisées en plusieurs catégories en fonction de leur types de réactions, mais on n'ira pas plus loin dans cette description

* Les êtres vivants utilisent un grand nombre d'enzymes car elles permettent d'accélérer les réactions, mais car étant asymétriques elles permettent d'obtenir des produits énantiomères

↳ très important car corps sensible aux stéréochimie

* Dans la suite on ne s'intéressera pas à la stéréochimie ou aux enzymes, mais il est important de garder en tête que c'est présent

* Un des agents oxydoréducteur dans le corps est le NAD^+ Nicotinamide Adénine dinucléotide (*projet*)

↳ c'est un agent très présent qui intervient dans un grand nombre de mécanismes

* On peut écrire sa demi équation



Transition : On a vu qu'il y avait un grand nombre d'agent oxydoreducteurs possible dans le vivant

Le maintenant voyons comment ils interviennent de les mécanismes de formation d'ATP à partir de l'ADP

II - Chez l'être humain

A- La glycolyse

- * Comme son nom l'indique dans la glycolyse on va dégrader le glucose dans un mécanisme en plusieurs étapes, qui permettra notamment de produire de l'ATP
- * Et ce qu'on va voir c'est que dans ce mécanisme l'oxydoréduction a un rôle majeure
- * L'équation bilan de la glycolyse est celle là (projo) (l'écrite)
 - ↳ le glucose est dégradé en pyruvate
 - ↳ on a bien passage de 2 ADP à 2 ATP $\Rightarrow$ c'est le but
 - ↳ on a bien du redox : passage de NAD^+ à NADH .
- * Ce qui est intéressant c'est aussi de voir ce que deviennent les produits obtenus, surtout le pyruvate et le NADH
 - ↳ on aimerait bien pouvoir obtenir à nouveau du NAD^+
- * Projo : si on regarde les 2 mécanismes de droite
 - ↳ on va en fait réduire le pyruvate avec NADH pour former des nouveaux produits
 - ↳ Lactate qui est utile par la fermentation lactique dans les muscles ou fabrication yaourt
 - ↳ éthanol, ceci est le cas chez les levures par exemple
 - ↳ fermentation alcoolique

Transition : Il restera une troisième voie qu'on va aller voir plus en détail c'est le cycle de l'acide citrique, ou cycle de Krebs

B - Le cycle de Krebs

- * Le cycle de Krebs est une voie métabolique qui permet d'oxyder des groupes acétyls pour former de l'ATP
- * C'est un mécanisme complexe et très important dans le corps, on ne le détaillera pas entier, mais on va regarder quelques étapes
- * projo On a formation à partir du glucose d'acide pyruvique
 - ↳ il est converti en acétyl coenzyme A
 - ↳ il est introduit sur l'acide oxaloacétique pour former l'acide citrique (d'où le nom)
- * Ce qu'on peut voir ce que dans les étapes 3, 4 et 8 on a des réactions d'oxydoréduction avec NAD^+ et NADH
- * Mais on a aussi une réduction à l'étape 4 : en une décarboxylation
- * À l'étape 6 on a un nouveau agent oxydoréducteur qui intervient (projo)
 - ↳ le Flavine adénine dinucléotide
 - ↳ $\text{FAD} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{FADH}_2$
- * On peut voir qu'à l'étape 5 on a production d'ATP qui est bien notre objectif ici
 - ↳ et si on fait le bilan de ce cycle on transforme le pyruvate en dioxyde de carbone
 - ↳ si on couple ces deux mécanismes (avec la glycolyse) on a transformé le glucose en dioxyde de carbone et on a converti de l'ADP en ATP
- * Il reste encore des étapes de réduction de NAD^+ et de coenzyme CoA-SH
 - ↳ estime à 38 ATP formé par une molécule de glucose

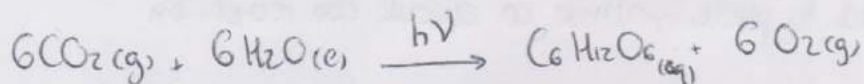
Transi^s : Avec les deux mécanismes qu'on vient de voir on arrive à comprendre comment on peut reformer de l'ATP depuis le sucre, mais ce qui est très intéressant c'est de voir que sur 8 étapes 4 sont des étapes redox, donc très important chez humains $\Rightarrow$ mais comment font les plantes ?

III - Chez les végétaux

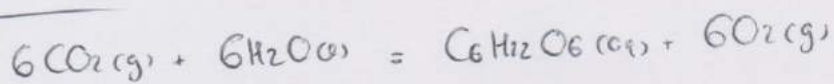
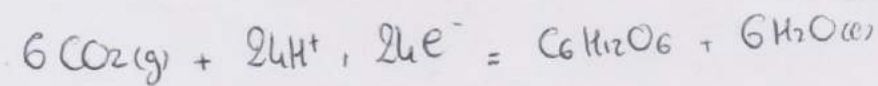
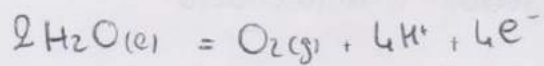
- * Les plantes peuvent réaliser les mêmes mécanismes que nous, mais le problème pour les plantes c'est qu'elles ne peuvent pas directement manger de sucre.
↳ il leur faut un moyen de pouvoir en produire
- * Les plantes font de la photosynthèse, ça on le sait depuis le collège, mais concrètement comment ça fonctionne ?

- * Les plantes vont se servir de ce qu'elles ont à disposition, c'est-à-dire de l'eau et du dioxyde de carbone, et de la lumière

↳ l'équation générale bilan de la photosynthèse est



- * On a bien une réaction redox : on peut écrire les demi-équations



- * En réalité le mécanisme est beaucoup plus complexe que ça, il faut intervenir des enzymes avec des cofacteurs comme la chlorophylle

↳ dans ce mécanisme aussi il y a conversion ATP, ADP et intervention de NAD⁺

- * Et il y a d'autres mécanismes qui se produisent pendant la photosynthèse peuvent faire intervenir des réactions d'oxydoréduction

Conclusion

- * Dans ce cours on s'est focalisé sur la conversion d'ADP en ATP dans le corps, et ce qu'on a vu c'est qu'un grand nombre d'étapes dans ces mécanismes sont des étapes d'oxydo-réduction
- * On a vu qu'en milieu biologique il y avait un grand nombre d'agent d'oxydo-réduction et qu'on pouvait les coupler à des enzymes pour avoir des réactions plus rapides et sélectives
- * On a ensuite vu le mécanisme de dégradation du glucose dans le corps qui implique beaucoup de réaction redox, avec NAD^+ ou de décarboxylase
- * Et finalement on a vu que pendant la photosynthèse on avait des réactions redox pour former du glucose et permettre aux plantes de former de l'ATP
- * Mais c'est loin d'être tout, il y a aussi des réactions redox dans la chaîne respiratoire et dans le mécanisme de la vision