

Oxydo-réductions et métabolisme

Introduction

Un organisme vivant est un système thermodynamique qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement. Il est le siège d'innombrables réactions chimiques à l'origine du maintien de sa structure, de sa croissance éventuelle, de ses mouvements... Le **métabolisme** est l'ensemble des réactions ayant lieu dans les cellules vivantes. On y distingue les réactions du catabolisme et de l'anabolisme. Le catabolisme concerne l'ensemble des réactions qui procurent une énergie utilisable à la cellule. L'anabolisme est l'ensemble des réactions de synthèse des constituants cellulaires, réactions le plus souvent consommatrices d'énergie.

Les réactions chimiques ayant lieu dans une cellule sont très nombreuses : certaines d'entre elles mettent en jeu des transferts d'électrons entre deux molécules particulières, retrouvées sous deux formes, une forme oxydée (pauvre en électrons) et une forme réduite (possédant davantage d'électrons) : une telle molécule, existant donc sous deux états, constitue un couple redox. Ces réactions sont dites d'oxydo-réduction.

Dans une cellule, la matière organique est un ensemble de molécules réduites. Mais l'environnement, d'où est puisée la matière première des êtres vivants, est plutôt minérale, donc oxydée.

Le sujet vise ainsi à repérer les réactions d'oxydo-réduction dans les grandes voies métaboliques, afin d'en tirer des caractéristiques : qu'ont en commun les réactions d'oxydations ? les réactions de réductions ? comment sont-elles couplées et quelle est leur importance dans une cellule vivante ?

Nous verrons dans un premier temps que les électrons, qui ne sont jamais libres dans le milieu cellulaire, sont transportés par des molécules spécialisées, et transmis spontanément selon les potentiels des couples mis en jeu : leur flux est une source d'énergie chimique potentielle. Nous verrons ainsi que le transfert des électrons peut être converti en ATP, molécule essentielle à la réalisation des activités cellulaires. L'origine des électrons mis en jeu et leur devenir sont liés au type de métabolisme des cellules : nous verrons dans un second temps l'origine des électrons et leur transfert vers des formes utilisables par la cellule, dans le cas de cellules autotrophes ou hétérotrophes. Nous verrons enfin le devenir de ces électrons dans la synthèse des molécules organiques.

1. Le transfert des électrons est une source d'énergie potentielle

1.1. Un transfert spontané ou non

transfert spontané entre une molécule réduite et l'autre non
notion de potentiel redox et de flux avec ΔrG°

1.2. Réalisation du transfert des électrons entre deux transporteurs d'électrons

a) rencontre au sein du site actif d'une enzyme

exemple de la lactate déshydrogénase

b) rencontre au sein d'une membrane

exemple d'une chaîne redox (mitochondrie conseillée car spontanée)
mise en place conjointe d'un gradient de pH, exploitable en ATP

1.3. Les coenzymes d'oxydo-réduction, des molécules importantes

décrire NAD^+ , NADP^+ et FAD : faible potentiel redox donc « fournisseurs d'électrons »
transition : comment sont-ils formés ?

2. Les oxydations libèrent de l'énergie convertie en ATP et constituent un potentiel réducteur

2.1. une oxydation provoquée par la lumière : les photosystèmes

Réaction de Hill

présentation d'un photosystème et de l'action des photons jusqu'à l'oxydation de la chlorophylle a chaîne redox et formation d'ATP et de potentiel réducteur

Bilan : oxydation de l'eau, molécule abondante : ses électrons constituent du pouvoir réducteur

2.2. une oxydation de la matière organique : le cycle de Krebs (ou glycolyse ou Lynen)

des réactions d'oxydo-réductions conduisent au transfert des électrons vers des coenzymes qui vont se réoxyder et produire de l'ATP (cf le 1.2.)

le rôle du dioxygène, accepteur final des électrons : sans O₂, fermentation à faible rendement

Comparaison du potentiel redox des glucides et lipides :

glucide à 6 carbones => 10 NADH,H⁺ et 1 FADH₂

lipide à 6 carbones => 11 NADH,H⁺ et 5 FADH₂

2.3. une oxydation de matière minérale : le cas de *Nitrobacter*

l'oxydation des nitrites en nitrates, exergonique, est à l'origine de la production d'ATP et NADH,H⁺

3. les réductions sont les synthèses consommant le potentiel réducteur

3.1. Les coenzymes réduits sont un potentiel énergétique

exemple de la production de GAP par le cycle de Calvin

3.2. Potentiel réducteur et diversité des synthèses

exemple d'acides gras (ou autre synthèse) ou réduction de l'azote

Conclusion

En résumé, on peut simplifier notre vision des voies métaboliques :

- l'anabolisme correspond aux réactions de réduction, rendues possibles par la présence de coenzymes réduits utilisés dans les synthèses de molécules organiques de la cellule ;
- le catabolisme est l'ensemble des réactions d'oxydations conduisant à la synthèse d'ATP ou autre molécule à potentiel énergétique

La coexistence de ces deux grandes voies met en évidence l'importance des couplages.

Il ressort aussi de cet exposé les deux types trophiques observés dans le monde vivant : les autotrophes utilisent la matière minérale comme donneur d'électrons (eau ou nitrites) alors que les hétérotrophes utilisent la matière organique comme source d'électrons.

La source d'énergie peut aussi varier : les chimio-lithotrophes utilisent l'oxydo-réduction à la fois comme donneur d'électrons et comme source d'énergie. Les photo-lithotrophes convertissent l'énergie lumineuse. Les organotrophes utilisent l'oxydo-réduction comme source d'énergie.

Les autotrophes constituent donc la base des réseaux trophiques, dont s'alimentent les hétérotrophes. Les réactions majeures sont de l'oxydo-réduction mais il y a également des hydrolyses (lors de la digestion par exemple), des condensations (lors des synthèses notamment), des estérifications...

Grille de correction : importance biologique des lipides

NOM :

NOTIONS ATTENDUES DANS L'EXPOSÉ		
Les transferts d'électrons		
Sens spontané ou non, potentiel redox et ΔrG° importance des coenzymes : présentation des molécules, notion de potentiel réducteur		3 3
localisation des transferts d'électrons : site actif d'enzyme DH ou membrane électrons non libres dans le cytosol		4 1
transfert spontané d'électrons = source d'énergie potentielle (mitochondrie ou <i>Nitrobacter</i>) exemple d'une chaîne de transferts d'électrons et formation d'un gradient de protons exploité en production d'ATP		2 4
Oxydations et origine des électrons		
Photosystèmes : description de l'antenne collectrice et de l'impact des photons sur le potentiel redox, aboutissant à l'oxydation de la chlorophylle a : couplage photochimique Bien détailler la photo-oxydation de l'eau (donneur d'électrons) et l'accepteur d'électrons (NADP ⁺)		3 2
Réactions d'oxydations de matière organique conduisent au transfert des électrons vers des coenzymes qui se réoxydent et produisent de l'ATP : glycolyse ou Krebs ou Lénine Rôle du dioxygène, accepteur final des électrons : sans O ₂ , fermentation à faible rendement Comparaison du potentiel chimique tiré des glucides et lipides		4 3 1
<i>Nitrobacter</i> et origine minérale des électrons : oxydation des nitrites exergonique (=> ATP et NADH)		3
Réductions et synthèses		
Cycle de Calvin bien décrit : étapes clés + réductions du CO ₂ par NADPH, H ⁺		4
Autres cas de synthèse au choix, faisant intervenir du potentiel réducteur : synthèse d'acide gras, fixation d'azote minéral...		3
Bonus :		
TOTAL NOTIONNEL		40
Rédaction		
Introduction : Fluidité, précision et pertinence Définitions du métabolisme et de l'oxydo-réduction Problématique claire différente du sujet – Plan et démarche annoncés		3
Plan proposé à paragraphes à titres explicites et fonctionnels Notions abordées qui s'enchaînent bien, transitions		2
Argumentations à rédaction claire et concise Situation bien posée (cadre de l'étude, contexte), conditions précises de l'observation		6
Rédaction avec rigueur, précision et clarté – pas de finalisme		3
Conclusion : Résumé clair des idées fondamentales et réponse à la problématique de départ + Ouverture intéressante		3
Illustrations : Pertinence : montrant bien une notion importante de l'exposé Richesse des légendes et informations + Justesse des notions abordées		3
TOTAL DE LA RÉDACTION		20
rédaction rapportée à		13
TOTAL		53