

Université De Msila

Faculté des sciences

Département de Microbiologie et de Biochimie

BIOCHIMIE MICROBIENNE

SELLOUM .M

Table des matières:

CHAPITRE I:

Sources d'énergie et types trophiques

- 1- Organismes phototrophes
- 2- Organismes chimiotrophes
- 2 - Types respiratoires : destinée des électrons
- 2-1- Accepteurs finaux d'électrons
- 2-1-1- Respiration aérobie
- 2-2-2- Respiration anaérobie
- 2-3-3- La fermentation
- 2-3-4- Fermentation oxydative
- 4 - Métabolisme des produits minéraux

CHAPITRE II:

- 2 - Catabolisme des glucides
- 2-1- Dégradation de l'amidon
- 2-2- Dégradation de la cellulose
- 2-3-- Dégradation de la pectine
- 3- Catabolisme du glucose
- 3-1- La glycolyse ou voie d'Embden-Meyerhof (EM) ou d'Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)
- 3-2- Voie de l'hexose monophosphate (HMP) ou voie de Warburg-Dickens-Horecker
- 3-3- Voie du 2-céto-3-désoxygluconate ou voie d'Entner-Doudoroff
- 3-4- Fermentations dérivées de la voie de l'hexose monophosphate

- 4- Métabolisme anaérobie du pyruvate
- 4-1- Fermentation alcoolique
- 4-2- fermentations homolactiques
- 4-3- Fermentation hétérolactique
- 4-4- Fermentation acide mixte et butylène-glycolique
- 4-5- Fermentations butyriques et acétono-butyliques
- 4-6- Fermentations propioniques
- 5- Métabolisme aérobie du pyruvate
- 5-1- cycle de Krebs (cycle des acides tricarboxyliques « TCA » ou cycle
- 5-2- shunt glyoxylique
- 5-3- Fermentations dérivées du cycle de Krebs et du shunt glyoxylique

CHAPITRE III:

Catabolisme des autres composés organiques

- 3-1- Dégradation des lipides
- 3- 2- Dégradation des protéines
- 3-2-1- Protéolyse : protéases et peptidases
- 3- 2-2- Catabolisme des acides aminés libérés
- 3-3- Catabolisme des hydrocarbures

- 3-3-1- Hydrocarbures paraffiniques
- 3-3-2- Catabolisme des hydrocarbures et autres composés aromatiques
- 3-4- Catabolisme du méthane et méthanol
- 3-5- Dégradation du glycérol

CHAPITRE IV:

ANABOLISME : Production de biomasse et de métabolites

- 4-Production de biomasse et de protéines
 - 4-1-Production d'acides aminés
 - 4-1-1 synthèse des acides aminés issus du glutamate et de l' α -cétoglutarate
 - 4-1-2- Synthèse des acides aminés issus de l'aspartate
 - 4-1-3- Synthèse de la leucine et de la valine
 - 4-2- Biosynthèse des lipides
 - 4-3- Biosynthèse des nucléotides
 - 4-4- Biosynthèse des vitamines
 - 4-5- Biosynthèse des polysaccharides
 - 4-6- Biosynthèse des hormones
 - 4-7- Biosynthèse des toxines
 - 4-8- Biosynthèse des antibiotiques
 - 4-9- β -lactames : pénicillines et céphalosporines
 - 4-10- Biosynthèse des enzymes

CHAPITRE V:

Bioconversions

- V-1- Bioconversions des sucres
- V-2- Bioconversions des acides aminés
- V-3- Bioconversions des stéroïdes
- V-4- Bioconversions des antibiotiques

CHAPITRE I:

Sources d'énergie et types trophiques

L'énergie nécessaire aux micro-organismes est fournie par la lumière (organismes phototrophes) ou par l'oxydation de substances chimiques (organismes chimiotrophes). Dans les deux cas, l'énergie est stockée sous forme d'énergie de liaison chimique biologiquement utilisable (il s'agit de la liaison anhydride phosphorique de l'ATP). La formation d'ATP à partir de la source primaire d'énergie est plus ou moins complexe selon le type trophique ou métabolique.

I-1 - Organismes phototrophes

Les réactions de synthèse utilisent l'énergie libérée par la décomposition de l'ATP en ADP.

Les plantes tirent leur énergie de la lumière, celle-ci intervient également chez les algues vertes, les Cyanophycées et quelques espèces bactériennes. Le processus de photosynthèse comprend deux étapes : phase lumineuse et phase obscure.

la **nature des pigments** varie selon la nature de **l'organisme phototrophe**, la **photophosphorylation nécessite** la présence **d'un donneur d'électrons** (et de protons).

Chez **les plantes**, algues et cyanophycées, la substance donatrice de protons (et d'électrons) intervenant dans la phase de synthèse **est H₂O**, il y a donc libération de O₂.

Chez **les bactéries** il **n'y** a jamais libération d'O₂ (**H₂O ne peut être donneur**). **Le donneur d'électrons et de protons peut être un composé minéral comme H₂S** chez les Thiobacteriales et

les Chlorobacteriales (photolithotrophes ou photo autotrophes), **ou un composé organique**

comme l'acide succinique chez les Athiobacteriales (photoorganotrophes ou photohétérotrophes). **La plupart des bactéries photosynthétiques** peuvent aussi utiliser

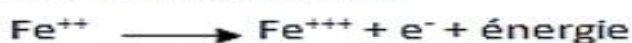
l'hydrogène moléculaire. L'accepteur d'électrons et de protons est le NADP⁺ (il se **transforme après réduction en NADPH, H⁺**).

I-2- Organismes chimiotrophes

Les levures, les moisissures et la plupart des bactéries, sont **incapables** d'effectuer la photosynthèse. Ces microorganismes **utilisent l'énergie libérée au cours de réactions chimiques d'oxydation**, ce sont les **« chimiotrophes »**. Les réactions d'oxydation s'effectuent

de plusieurs façons :

- **Perte d'électrons :**



- **Déshydrogénation :**



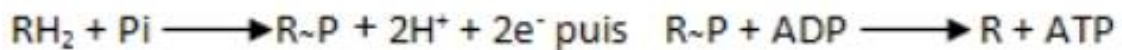
- **Hydratation-déshydrogénation :**



- **déshydrogénation couplée à une décarboxylation**



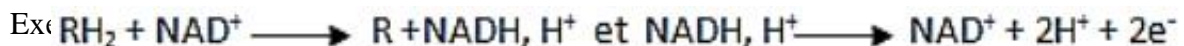
Certains microorganismes (**chimioolithotrophes**) tirent leur énergie de l'**oxydation de substances minérales**, alors que **d'autres** la tirent de **substances organiques (chimioorganotrophes)**. Dans la plupart des cas **la perte d'électrons** est couplée à une perte de protons. **Ces électrons** et protons **réduisent un accepteur** final par l'intermédiaire d'une chaîne d'oxydoréduction. **La formation d'ATP** s'effectue en grande partie durant **ce transport (d'électrons et de protons)**,



2- Types respiratoires : destinée des électrons

2-1- Chaines de transport d'électrons

Le système de transport des électrons est plus ou moins complexe **selon la nature du substrat oxydé**, et **varie d'un organisme à l'autre**. Il fait **intervenir des enzymes (déshydrogénases, cytochromes réductases,...)** et **des coenzymes (FAD, NAD, NADP, cytochromes,...)** qui constituent des intermédiaires à la fois accepteurs et donneurs d'électrons (et parfois de protons). **Il s'agit d'une suite de réactions couplées d'oxydoréductions**. **L'énergie libérée** par les réactions d'oxydoréductions successives **est utilisée pour le transfert** membranaire des protons (théorie de Mitchell),



Le rendement énergétique des chaînes **longues** est **supérieur** à **celui des chaînes courtes**. Le rendement énergétique maximal par couple d'électrons et de protons est de 3ATP

2-2 Accepteurs finaux d'électrons

Le comportement « respiratoire » du microorganisme et **ses relations vis-à-vis de l'air** sont **Conditionnés par la nature de l'accepteur final** d'électrons et de protons.

Il existe plusieurs définitions des termes respiration et fermentation. Au sens strictement biochimique, le terme respiration, ou **métabolisme oxydatif**, est appliqué aux processus d'oxydation dans lesquels **l'accepteur final est une molécule minérale**, alors que le terme **fermentation**, ou métabolisme fermentaire, est appliqué au cas où **l'accepteur final est un composé organique**, généralement endogène.

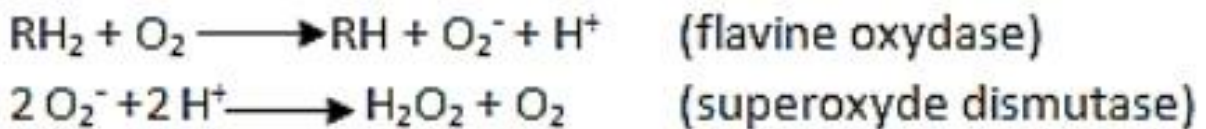
Il existe également un mécanisme d'élimination directe des électrons et protons. Ce mécanisme, propre à de nombreuses bactéries anaérobies, entraîne la formation d'hydrogène sous l'action d'une hydrogénase. Ce système n'est énergétique que si l'hydrogénation est liée à une phosphorylation directe du substrat.

Lorsqu'il y a métabolisme oxydatif, les produits carbonés (déchets du métabolisme) ont un degré d'oxydation du carbone supérieur à celui du substrat. La respiration « classique » d'un substrat organique conduit à la dégradation complète de son squelette carboné avec formation de CO₂ (forme biologique la plus oxydée du carbone).

En microbiologie, toute dégradation incomplète du substrat, donnant des métabolites carbonés, est appelée fermentation, même s'il s'agit d'un métabolisme oxydatif (il est préférable dans ce cas de parler d'une fermentation oxydative).

2-2-1- Respiration aérobie

Il existe divers mécanismes de respiration aérobie (l'accepteur final des protons est l'oxygène de l'air). Les microorganismes ne possédant qu'un système de ce type sont des « aérobies strictes ». Il y a formation de H₂O. Ce type de respiration est habituellement lié à la



superoxyde dismutase :

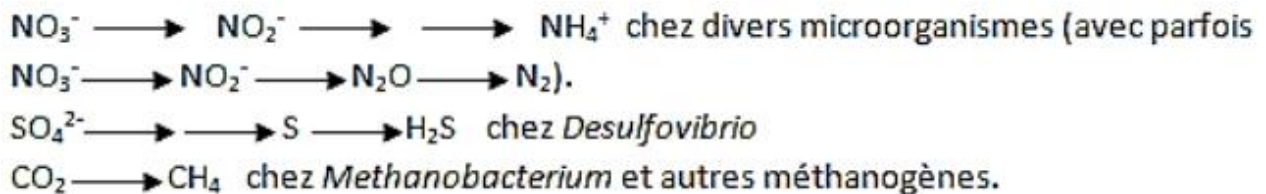
Ce système est généralement court et peu, ou pas, énergétique. Le peroxyde d'hydrogène est toxique pour la cellule sauf si elle possède la catalase, capable de décomposer le H₂O₂ en H₂O et O₂. Lorsqu'un microorganisme possède ce système et pas de catalase, le contact avec l'oxygène de l'air est toxique et il est donc anaérobie strict. Les microorganismes anaérobies aérotolestants dépourvus de catalase ont des flavine oxydases ne réagissant pas avec O₂ et ne possèdent pas de superoxyde dismutase. Certains ont une croissance stimulée par des milieux contenant une catalase (sang). Chez *Peptococcus anaerobicus*, microorganisme aérotolestant, la réaction est :



2-2-2- Respiration anaérobie

Il s'agit d'un processus où l'accepteur final d'hydrogène est une substance minérale oxydée.

De nombreux microorganismes sont capables d'oxyder complètement le glucose en l'absence



2-2-3- La fermentation

Une substance organique, généralement endogène et issue de la dégradation du substrat, sert d'accepteur d'électrons (et de protons) : ce substrat est souvent l'acide pyruvique ou un produit dérivé (acétaldéhyde, acétolactate...). La transformation fumarate /succinate est également fréquente : rencontrée chez *Escherichia coli*, en anaérobiose sur glycérol, ou chez *Bacteroides*, à partir de substrats comme H₂ ou l'acide formique. De nombreuses fermentations peuvent s'effectuer en anaérobiose car tous les électrons et protons issus de l'oxydation du substrat servent à réduire l'accepteur organique (cas de la fermentation homolactique). Pour d'autres fermentations, une partie seulement des électrons et protons est ainsi utilisée : l'oxygène intervient comme accepteur complémentaire, de manière facultative (certaines fermentations hétérolactiques bactériennes) ou obligatoire (fermentation des pentoses par certaines levures).

Métabolisme des produits minéraux

Les produits minéraux peuvent être utilisés par les microorganismes dans un but strictement nutritif mais ils peuvent également intervenir dans le métabolisme énergétique comme substrat donneur d'électrons ou comme accepteur.

Quelques microorganismes autotrophes (capables de se développer sur milieu exclusivement minér: $\text{NH}_4 \longrightarrow \text{NO}_2^-$ *Nitrosomonas* rôle industriel (il s'agit $\text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$ *Nitobacter* (nitrification)

