

PARTIE 2 :

Les échanges métaboliques dans le cytosol.

I\ Introduction.

Le métabolisme utilise généralement les glucides puis les lipides et exceptionnellement les protides. Les réactions métaboliques, qu'elles soient de synthèse ou de dégradation, ont lieu dans le cytoplasme. Il y a coopération entre le cytosol et les organites cellulaires.

II\ Mobilisation des glucides de réserves.

Le glucose est la principale source d'énergie des autotrophes et des hétérotrophes. Dans la cellule, le glucose est stocké sous forme de glucides de réserve : les glucanes. Ces glucanes sont l'amidon chez les végétaux et le glycogène chez les animaux et les mycètes.

- L'amidon :
 - On y trouve l'amylose qui est formé d' α D-glucose relié en 1 \rightarrow 4.
 - On note la présence d'amylopectine qui est formée de 1 \rightarrow 4 et 1 \rightarrow 6 α D-glucose.
 - La synthèse de l'amidon est réalisée par l'amidon synthase associé à l'enzyme Q.
 - La dégradation de l'amidon est effectuée par l'amidon phosphorylase associée à l'enzyme D ou aux α et β amylases conjuguées à l'isoamylase (ou enzyme R).
- Le glycogène :
 - La synthèse du glycogène est réalisée par la glycogène synthase associée à l'amylotransglucidase.
 - La dégradation de cette molécule est effectuée par la glycogène phosphorylase secondée par l'enzyme débranchante α 1 \rightarrow 6 glucidase.

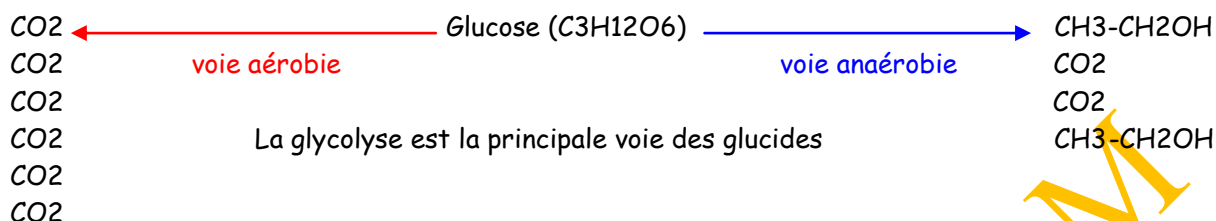
Dans les graines, on trouve beaucoup d'amylase (ce sont des phosphorylases).

- $\text{gluc} + \text{ATP} \rightarrow \text{gluc-6P} + \text{ADP}$ (premier produit utilisable). $\Delta G > 0$. La réaction est catalysée par une glycokinase ou par une hexokinase.
- $n \text{ glycogène} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow n-1 \text{ glycogène} + \text{gluc-1P}$. Cette réaction est réalisée par une glycogène phosphorylase. Cette réaction est isergonique.
- Le passage du gluc-1P au gluc-6P est possible grâce à une phosphomutase.

Remarque : Chez les animaux, les phosphorylases sont régulées par une hormone, l'adrénaline, qui rend possible le passage de l'état inactif à l'état actif.

III\ La glycolyse (voie d'Embden Meyerhof).

La glycolyse est l'ensemble des réactions qui oxydent le glucose en pyruvate. Cette chaîne de réactions à lieu dans le cytosol, au niveau des formations membranaires et peut être réalisée en milieu aérobie ou anaérobie.



A\ Les différentes phases.

La glycolyse se déroule en 10 étapes qui peuvent être regroupées en trois phases :

- La phase d'activation : de la 1 à la 5, nécessite de l'énergie.
- La phase d'accumulation : c'est la 6^{ème} étape, elle produit le pouvoir réducteur.
- La phase de récupération : de la 7^{ème} à la 10^{ème}. Il y a récupération d'énergie.

1 : Gluc-1P → Gluc-6P (phosphomutase)

2 : Gluc-6P → Fruc-6P (isomérase)

3 : Fruc-6P + ATP → Fruc-1,6diP + ADP (phosphofructomutase : enzyme allostérique qui fonctionne avec du magnésium)

4 : Fruc-1,6diP ⇌ 2 trioses phosphates (aldolase)

5 : Aldose ⇌ Cétose (Triose phosphate isomérase)

6 : Réaction rédox (déshydrogénase). Elle fonctionne avec NAD, est tétramérique et possède une fonction -SH bloquée par l'iode.

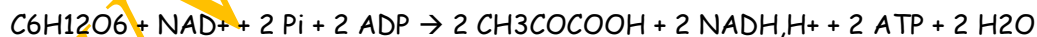
7 : Acide 1,3diP + ADP ⇌ Acide 3P + ATP (glycérate kinase)

8 : Acide 3P → Acide 2P (phosphoglycérate mutase)

9 : 2 phosphoénol glycérate (acide 2P) ⇌ phosphoénol pyruvate (PEP) (énolase)

10 : PEP + ADP → Pyruvate + ATP (pyruvate kinase).

B\ Le bilan de la glycolyse.



- 1^{ère} phase : + 2 trioses, - 2 ATP, - 1 glucose
- 2^{ème} phase : + 2 NADH, H⁺
- 3^{ème} phase : + 4 ATP, + 2 Pyruvate

Bilan net global : + 2 ATP, + 2 NADH, H⁺, + 2 Pyruvate

C\ Le devenir des produits formés.

1\ L'ATP.

Il rentre dans le pool cellulaire et permet le fonctionnement de la cellule.

2\ Le NADH,H+.

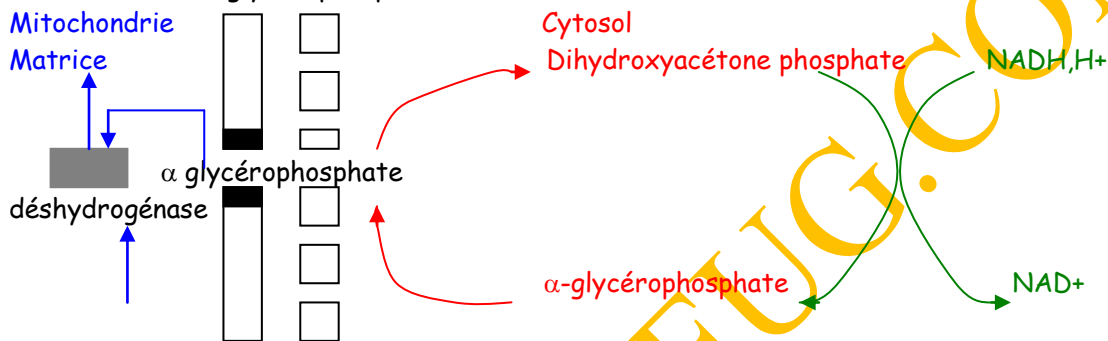
La quantité de pouvoir réducteur est inférieure à la quantité de substrat qui peut être transformée. Les réactions impliquants le pouvoir réducteur ne sont possibles que si ce pouvoir réducteur est régénéré en permanence : le NADH formé doit être ré-oxydé.

a\ Dans des conditions aérobies.

La réoxydation du pouvoir réducteur se fait dans la mitochondrie, dans la chaîne respiratoire. L'accepteur final est l'O₂.

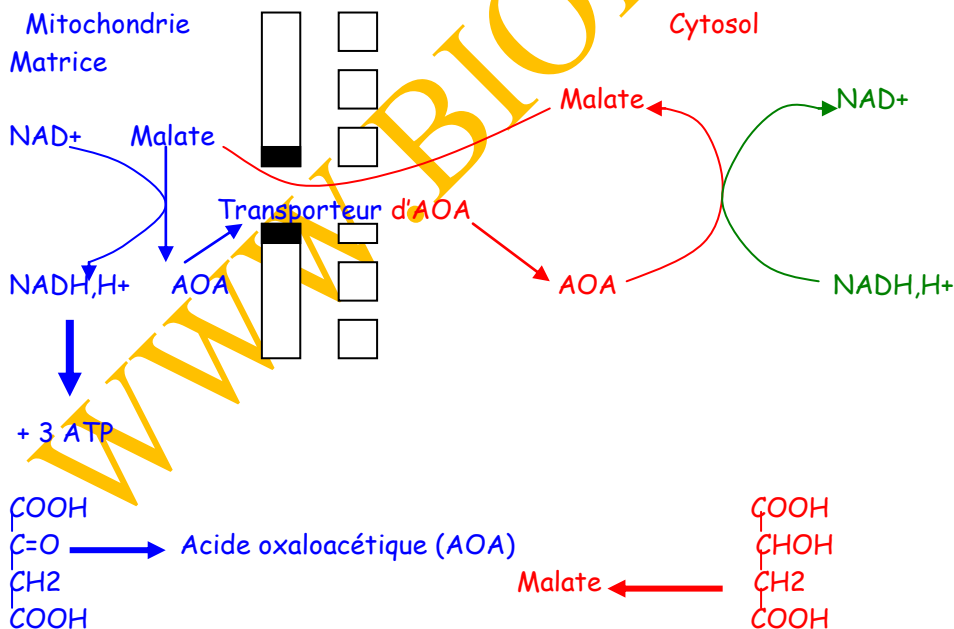
La membrane interne de la mitochondrie est imperméable au NADH : le pouvoir réducteur est transféré du cytoplasme aux mitochondries par des navettes : on a deux types de transporteurs.

- La navette glycérophosphate :



Le pouvoir réducteur est, dans la mitochondrie, sous forme de FADH₂. FADH₂ → 2 ATP.

- La navette malate oxaloacétate :



b\ Dans des conditions anaérobies.

Le pouvoir réducteur s'oxyde directement sur la chaîne respiratoire de la membrane bactérienne.

L'acide pyruvique sert d'accepteur final du pouvoir réducteur.

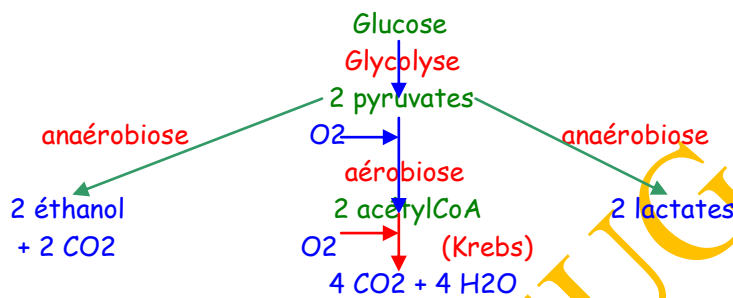
3\ Le pyruvate.

Une fermentation est une glycolyse suivie d'une réduction de l'acide pyruvique pour le NADH, H⁺ formé pendant la glycolyse.

Il n'y a pas de gain d'ATP supplémentaire.

On a plusieurs types de fermentation :

- La fermentation alcoolique : elle a surtout lieu chez les levures, mais aussi chez les plantes (dans les semences et les racines en absence d'O₂). Cette fermentation est utilisée par l'homme pour l'alcool, la boulangerie, ... Glucose → 2 éthanol + 2 CO₂.
- La fermentation lactique : la réaction fait passer l'acide pyruvique en acide lactique grâce à lactate déshydrogénase. Cette fermentation a lieu chez les bactéries, les algues unicellulaires et chez les animaux en absence d'O₂. Elle est utilisée dans la technologie laitière et dans la conservation par acidification.



La décarboxylation oxydative du pyruvate se fait dans la mitochondrie. Ce pyruvate sert de précurseur pour les synthèses (comme pour l'alanine et sa famille, l'oxaloacétate, le malate l'acétylCoA et des A.G.).

D\ La régulation de la glycolyse.

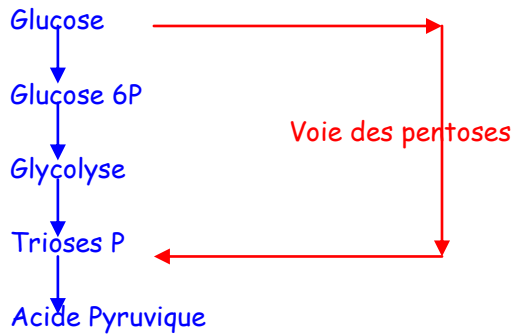
Le cas le plus spectaculaire est vu chez les micro-organismes qui sont aérobies et anaérobies facultatifs (→ c'est l'effet Pasteur) : les levures qui sont transférées d'un milieu sans O₂ à un milieu oxygéné ont une réduction de 75% de leur glycolyse tout en gardant constante leur production d'ATP.

La régulation a lieu à deux niveaux :

- Au niveau fondamental : les dernières réactions sont isergoniques, réversibles et dépendantes des concentrations en substrats et produits. Un excès de glucose entraîne une augmentation de la glycolyse et un excès de pyruvate entraîne une diminution de cette glycolyse.
- Au niveau enzymatique, la régulation est réalisée en trois étapes :
 - Réaction 1 : avec la glycokinase, l'excès de produits diminue la réaction.
 - Réaction 3 : la phosphofructokinase est inhibée par l'ATP et est activée par les substrats (ADP, AMP et Pi).
 - Réaction 10 : la pyruvate kinase est aussi inhibée par l'ATP et est activée par l'ADP, l'AMP et le Pi.

IV\ La voie des pentoses (cycle oxydatif des pentoses).

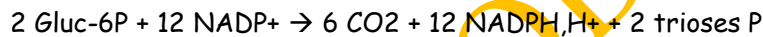
Cette voie existe chez tous les animaux, tous les végétaux et chez beaucoup de bactéries. Cette voie d'oxydation du glucose fonctionne en parallèle à la glycolyse. C'est une oxydation directe où un glucose donne six CO_2 .



A\ Les différentes phases.

On trouve dans la voie des pentoses des étapes oxydatives et régénératrices. Le segment oxydatif est composé de deux réductions et d'une intervention de NADP. L'autre segment sert à régénérer des C6 et à produire des C3.

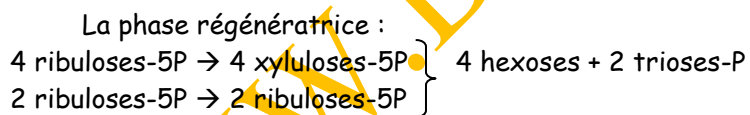
B\ Le bilan.



La phase oxydative :



La phase régénératrice :



C\ Le devenir des produits formés.

1\ Le NADPH, H⁺.

Ce produit ne peut aller dans la mitochondrie. Dans la majorité des cas, le NADP va servir aux synthèses.

2\ Le ribose-5P.

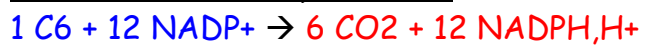
Il sert à la synthèse de nucléotides et d'acides nucléiques.

3\ L'érythrose-4P.

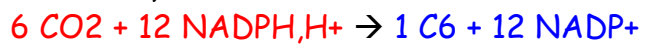
C'est le précurseur des acides aminés aromatiques.

➡ Cette voie fournit de nombreux précurseurs aux synthèses. On retrouve beaucoup de cette voie dans les organes de synthèse.

Bilan de la voie des pentoses :



Bilan du cycle de Calvin :



WWW.BIODEUG.COM