

COURS A RATTRAPER DU VENDREDI 18 OCTOBRE 2013

Ce que l'on a déjà vu....

Pb : Quelles sont les étapes de la respiration cellulaire ?

A- Les étapes de la respiration cellulaire :

Activité 5 chap2 TS spe : la glycolyse dans le cytoplasme

Activité 6 chap2 TS spe : les réactions chimiques dans la matrice

On en est là : jouez le jeu vous avez le temps de travail indiqué et des idées de réponse juste après

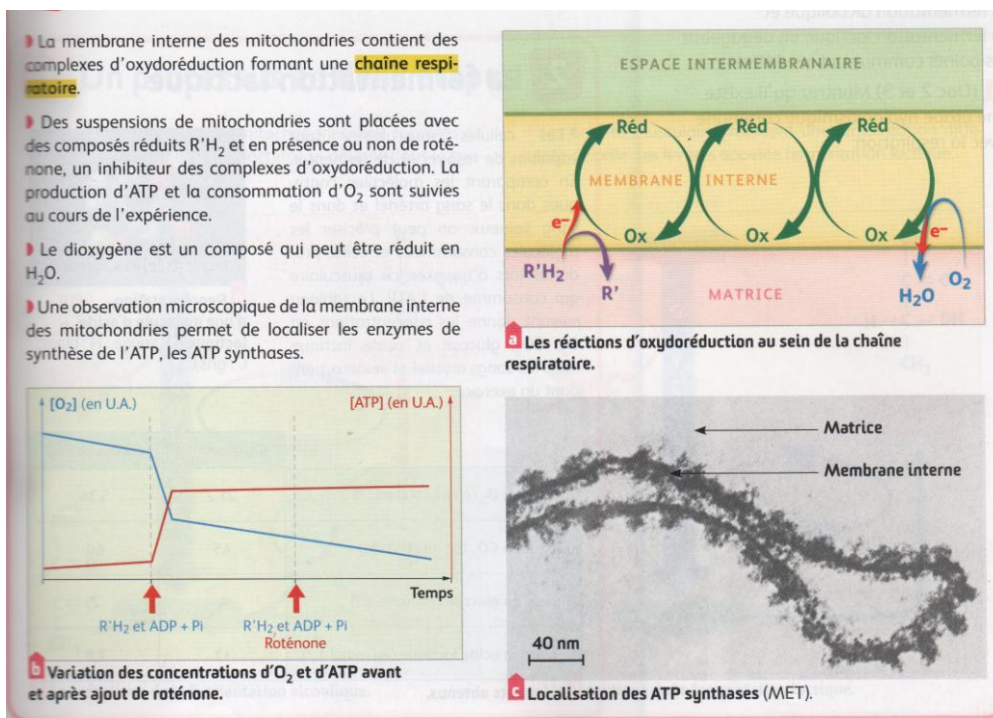
Activité 7chap 2 TS spe : le rôle de la membrane interne des mitochondries

Observer des documents

Saisir des informations

Mettre en relation

Adopter une démarche explicative



Nathan Edition 2012

Livre p 39 + questions p 39

Lecture + réponse aux questions : 15 min

Le document 3 situe et présente les oxydations réalisées par la chaîne respiratoire.

La représentation 3D d'une mitochondrie (microscopie à balayage et schéma) permet de montrer que ce système de replis en crêtes augmente la surface de la membrane interne et son contact avec la matrice. On pourra d'ailleurs compléter cette étude par l'observation des mitochondries des fibres musculaires cardiaques, particulièrement riches en crêtes mitochondriales. L'existence d'un espace intermembranaire ne présente pas d'intérêt pour les élèves de lycée puisque les mécanismes de la chaîne respiratoire et de la conversion chimio-osmotique sont hors programme. Le modèle moléculaire présenté par ce document est inédit : comme indiqué, ce modèle résulte d'une exploration scientifique. Il permet de matérialiser ce qu'est la chaîne respiratoire et de situer très précisément les transferts d'électrons. L'élève découvre alors le rôle du dioxygène dans le processus de la respiration cellulaire.

Réponse aux questions :

Doc. 1 à 3 : L'étape de la glycolyse est un préalable à la réalisation du cycle de Krebs. En effet, le glucose est le métabolite le plus abondant disponible pour la cellule.

Cependant, il ne pénètre pas dans la mitochondrie : il doit au préalable être transformé en acide pyruvique qui, lui, pourra entrer dans la mitochondrie et « alimenter » le cycle de Krebs. Le cycle de Krebs (et dans une moindre mesure la glycolyse) produisent de grandes quantités de transporteurs réduits R'H₂. Ce sont précisément ces transporteurs qui pourront être oxydés par la chaîne respiratoire.

Par ailleurs, la chaîne respiratoire régénère les transporteurs d'H à l'état oxydé, ce qui permet l'entretien du cycle de Krebs et de la glycolyse.

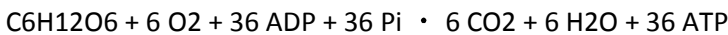
Les trois grandes étapes de la respiration sont donc liées entre elles.

Doc. 2 et 3 : Le dioxyde de carbone rejeté au cours de la respiration provient des réactions de décarboxylations et de déshydrogénations réalisées au cours de cycle de Krebs. Le CO₂ est « ce qui reste » des métabolites organiques et qui ne sera pas ultérieurement utilisé : il est donc rejeté.

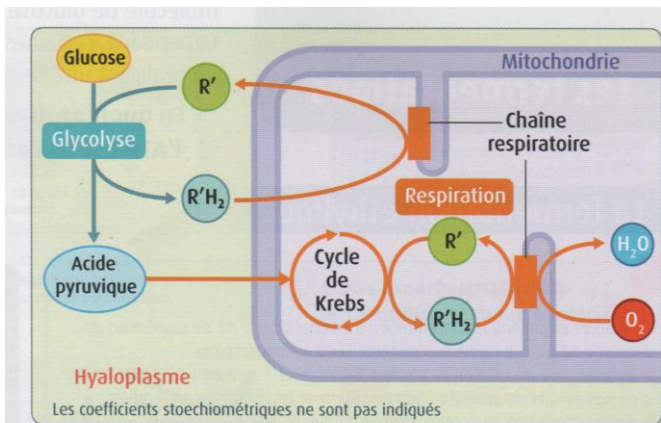
Le dioxygène intervient quant à lui au cours des réactions d'oxydation des transporteurs réduits R'H₂ réalisées par la chaîne respiratoire : c'est l'accepteur final des électrons et des H. Sans dioxygène, l'ensemble des réactions de la respiration serait rapidement bloqué en amont.

Doc. 1 à 3 : De l'ATP est produit au cours de chacune des trois grandes étapes de la respiration. Cependant, ce sont les réactions d'oxydation des transporteurs réduits R'H₂ réalisées par la chaîne respiratoire qui produisent la plus grande quantité d'ATP.

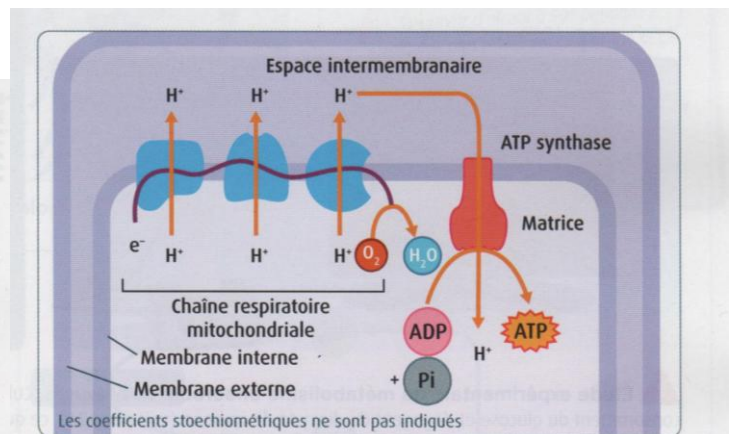
Doc. 1 à 3 : Le bilan global de la respiration peut donc s'écrire ainsi (pour le glucose):



Le métabolite organique (ici le glucose) est totalement dégradé car la totalité du C qu'il contenait est rejeté sous forme minérale (CO₂).



5 La régénération de l'oxydant R'. Les composés R'H₂ produits dans le cytoplasme (glycolyse) et la matrice (cycle de Krebs) sont oxydés en délivrant leurs électrons à des accepteurs situés dans la membrane interne des mitochondries, formant la chaîne respiratoire. Les R' sont ainsi régénérés.



7 La synthèse d'ATP. L'énergie du flux d'électrons dans la chaîne respiratoire permet d'expulser des protons dans l'espace intermembranaire. Ces protons rejoignent la matrice en actionnant une ATP-synthase similaire à celle de la membrane des thylacoïdes, ce qui permet la synthèse d'ATP à partir d'ADP et P_i. En plus des 2 ATP produits pendant la glycolyse, la respiration permet ainsi de produire 36 ATP par molécule de glucose.

Belin Edition 2012

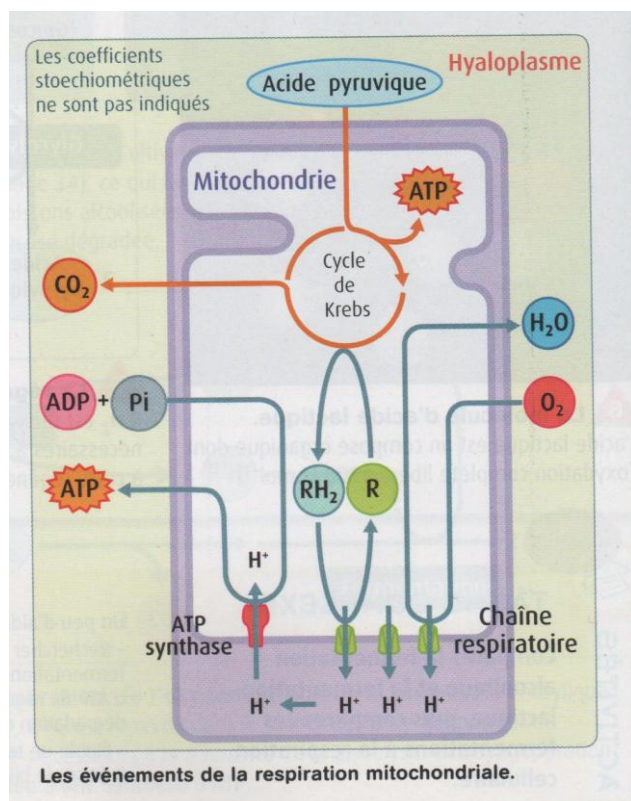
La respiration cellulaire se déroule dans des organites particuliers protégés par une double membrane : les mitochondries.

Dans la matrice des mitochondries l'acide pyruvique est progressivement oxydé en dioxyde de carbone au cours d'une suite de réactions chimiques constituant le cycle de Krebs. Ce cycle est couplé à la production d'ATP et de R'H₂

Les composés R'H₂ du cycle de Krebs et de la glycolyse cèdent leurs électrons à des accepteurs situés dans la membrane interne des mitochondries.

L'accepteur final d'électron est le dioxygène.

Ce flux d'électron dans la chaîne respiratoire est couplé à une importante production d'ATP par des ATP synthases.



Belin Edition 2012

Pb : quel est le bilan énergétique de la respiration ?

B- Le bilan énergétique de la respiration cellulaire :

Activité 8 chap2 TS spe : le bilan de la respiration

Adopter une démarche explicative
Comparer des données
Communiquer

Livre p 40-41

Lecture + réponse aux questions : 15 min

Le **document 1** apporte les précisions indispensables concernant la molécule d'ATP. Son intervention dans les activités cellulaires sera illustrée par deux exemples au cours des Activités pratiques 5 et son intervention dans la contraction musculaire est l'objet du chapitre 3. Rien n'empêche d'utiliser ce document plus tôt au cours de l'étude (et même au cours du chapitre 1) quitte à y revenir par la suite.

Une exploration des modèles moléculaires de l'ADP et de l'ATP peut permettre de retrouver les éléments essentiels entrant dans la composition de ces molécules (que l'on pourra éventuellement comparer aux nucléotides, soulignant ainsi l'unité chimique du monde vivant).

L'intérêt du **document 2** est de montrer que la consommation en dioxygène par les mitochondries dépend de la présence d'ADP dans le milieu : on démontre le couplage entre les oxydations de la chaîne respiratoire et la phosphorylation de l'ADP.

Le **document 3** permet de dresser le bilan énergétique de la respiration : on récapitule les différentes étapes et on indique les quantités d'ATP produites.

Le **document 4** permet d'estimer le « rendement » de la respiration. Intéressante en elle-même, cette quantification sera utile pour effectuer une comparaison avec les fermentations (voir Activités pratiques 6, page 45).

Remarque : dans les anciens ouvrages, l'estimation du rendement de la respiration est classiquement calculée en prenant la valeur de 30,5 kJ libérés par mole d'ATP hydrolysée.

Il s'agit de la valeur pour les conditions chimiques dites « standard ». En fait, l'énergie libre d'hydrolyse de l'ATP dépend de la température, du pH et des concentrations relatives en ADP, Pi et ATP. Dans les conditions qui règnent dans les cellules, cette valeur peut atteindre 55 kJ par mole. La valeur de 50 kJ par mole peut donc être retenue pour établir ce bilan.

Réponse aux questions :

Doc. 1 : L'ATP joue un rôle de couplage énergétique car toute réaction biologique qui produit de l'énergie investit cette énergie sous forme de synthèse d'ATP (au moins dans un premier temps). Inversement, toute activité biologique qui nécessite de l'énergie consomme de l'ATP. Autrement dit, toutes les réactions métaboliques sont, d'un point de vue énergétique, couplées à une synthèse ou une hydrolyse d'ATP.

Doc. 2 : Avant t1, la concentration en dioxygène est constante : c'est la valeur témoin.

L'introduction de mitochondries au temps t1 se traduit par une légère diminution de la concentration en dioxygène (1 mg.L-1.min-1) qui traduit une activité respiratoire modérée.

Ceci s'explique car les mitochondries sont les organites de la respiration.

Après t2, on constate une activité respiratoire nettement plus importante (3 mg.L-1.min-1).

On peut donc en conclure que l'ajout d'ADP facilite la respiration mitochondriale. Le déroulement de la respiration nécessite donc la présence d'ADP dans le milieu. D'ailleurs, on constate, peu avant t = 3 min, que l'intensité respiratoire redevient modérée : on peut penser que tout l'ADP injectée à t2 a été utilisée, ce que confirme la reprise d'une intensité respiratoire importante dès l'ajout d'ADP au temps t3. Au temps t4, l'ajout de cyanure a bloqué la chaîne respiratoire en empêchant le transfert des électrons au dioxygène qui est normalement l'accepteur final des électrons de la chaîne respiratoire. Il n'y a alors plus de respiration, la concentration en dioxygène reste constante.

Doc. 3 et 4 : Le rendement de la respiration dans le cas de l'oxydation d'une mole de glucose peut être estimé ainsi :
énergie investie en ATP / énergie libérée par oxydation complète du glucose = $36 \times 50 \text{ kJ} / 2840 \text{ kJ} = 63 \%$

Doc. 1 à 4 : On dit que la respiration permet une conversion de l'énergie chimique car l'énergie « potentielle » d'un métabolite organique (énergie qui pourrait par exemple être libérée par combustion) se trouve en partie convertie sous la forme de molécules d'ATP, donc sous une autre forme chimique.

L'oxydation complète d'une molécule de glucose en aérobiose permet la production de 38 molécules d'ATP : 2 au cours de la glycolyse et 36 au cours de la respiration mitochondriale.

Dans certains documents vous pouvez voir 36 ou 38 ATP comme bilan de la respiration cellulaire, cela dépend de la nature d'un transportant qui ne produira pas le même nombre d'ATP

Pb : Comment et où se déroule les fermentations ?

III- LES FERMENTATIONS :

Voir TP 1

Activité 9 chap2 TS spe : la fermentation alcoolique

Adopter une démarche explicative

Analyser des résultats expérimentaux

Mettre en relation des informations

Document 2 p 44

- Expérience, résultats, conclusion

5 min

De 0 à 180 s, les levures sont dans des conditions aérobies (la sonde à dioxygène montre la présence de dioxygène dans le milieu) : on constate alors une diminution de la concentration en dioxygène et une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone. Il n'y a pas de production d'éthanol. Pendant cette période, les levures respirent de façon à couvrir leur besoins énergétiques.

À partir de 180 s, le milieu est épuisé en dioxygène, comme l'atteste la sonde à dioxygène : la respiration est donc impossible. On constate à partir de ce moment une production d'éthanol et une augmentation très importante de la production de dioxyde de carbone : les levures réalisent alors la fermentation alcoolique, ce qui leur procure un peu d'énergie.

- Bilan de la fermentation 5 min

Doc. 1 à 3 : Le bilan de la fermentation alcoolique s'établit ainsi :



Il y a donc dégradation incomplète du glucose en éthanol et en dioxyde de carbone et production d'ATP.



<http://www.leblogdolif.com/media/02/00/1988852203.JPG>

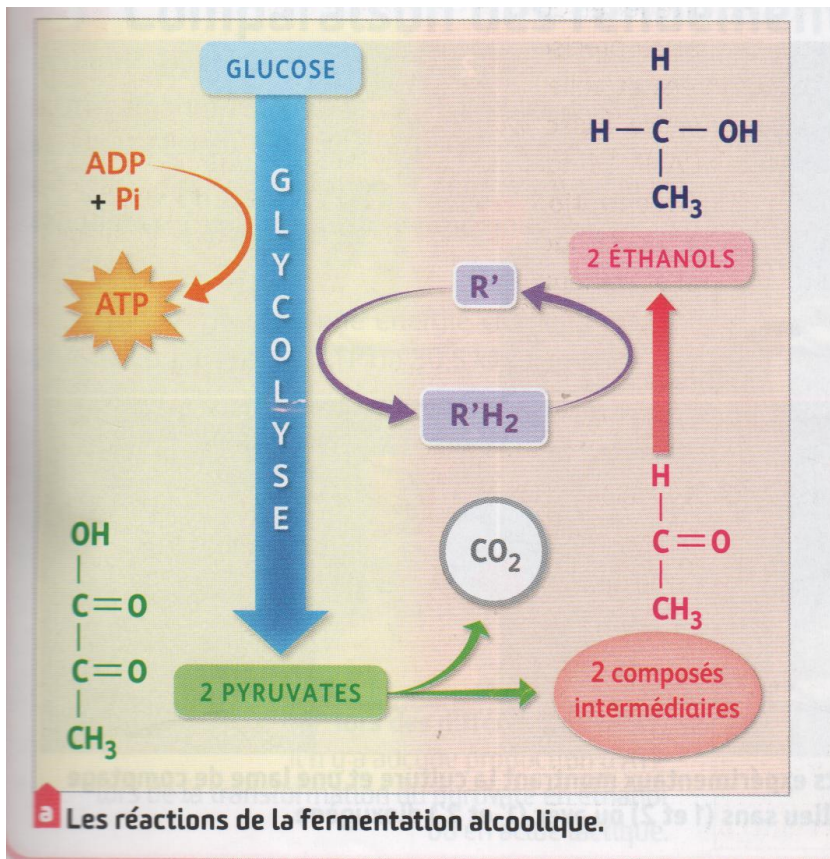
- Quel est le but du foulage du raisin dans la vinification ? 5 min

Le « foulage » du raisin met en contact les levures situées sur la peau des grains de raisin avec le jus sucré contenu dans les grains. Ce piétinement favorise ainsi la fermentation alcoolique et la production du vin.

2 La molécule d'éthanol. L'éthanol est un composé organique dont l'oxydation complète libère 1360 kJ.mol⁻¹.

3 La régénération de l'oxydant R'. Lors de la fermentation éthylique (ou alcoolique), R'H₂ est réoxydé dans le cytoplasme, ce qui permet de régénérer les R' nécessaires à la poursuite de la glycolyse. Cette régénération n'est pas couplée à une synthèse d'ATP.

Belin Edition 2012



Nathan Edition 2

Activité 10 chap2 TS spe : la fermentation lactique

Etudier des résultats expérimentaux

Communiquer

Document 4 p 45

5 min

Le document 4 présente un autre exemple de fermentation, la fermentation lactique, conformément au programme. L'intérêt est de montrer qu'il existe plusieurs types de fermentations et de pouvoir les comparer pour en dégager les caractéristiques communes. Le choix de la fermentation lactique est justifié, car il sera réinvesti dans le chapitre 3, à propos du métabolisme des cellules musculaires.

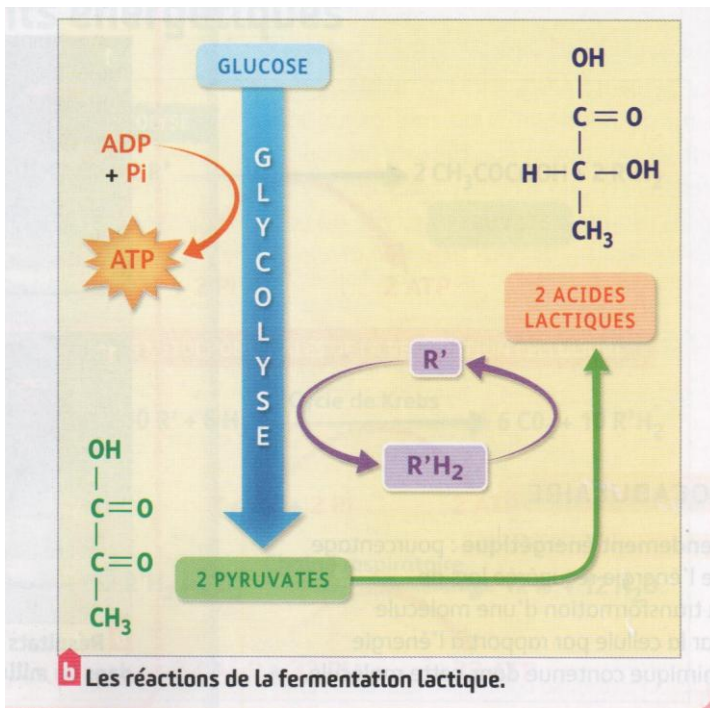
Le lien pourra être établi avec les connaissances des élèves sur l'information génétique et avec le chapitre 1 de la partie 3 sur la catalyse enzymatique : on peut en effet expliquer que c'est en fait l'équipement enzymatique dont sont dotées les cellules qui permet d'orienter vers tel ou tel type de fermentation. Les conditions du milieu interviennent également.

Dans le cas de la fermentation lactique, il y a production d'acide lactique à partir de l'acide pyruvique.

6 La molécule d'acide lactique.
L'acide lactique est un composé organique dont l'oxydation complète libère $1200 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

7 La régénération de l'oxydant R'. Lors de la fermentation lactique, $\text{R}'\text{H}_2$ est réoxydé dans le cytoplasme, permettant ainsi de régénérer les R' nécessaires à la poursuite de la glycolyse. Aucune synthèse d'ATP n'est couplée à cette régénération.

Belin Edition 2012



Nathan Edition 2012

En condition anaérobie, les cellules dégradent le glucose de façon incomplète : elles adoptent un métabolisme fermentaire.

Certaines cellules réalisent la fermentation éthylique (levure de boulanger) et d'autres la fermentation lactique (bactéries lactiques)

Tâche complexe :

Comparer la fermentation alcoolique et lactique, puis comparer ces fermentations à la respiration cellulaire.

Aide : rechercher les points communs et les différences entre les deux types de fermentations (micro organisme responsables, modalités de production d'ATP de régénération du R', nature et nombre d'oxydation des produits de dégradation du glucose, rendement énergétique)

Etablir un tableau comparatif des fermentations et de la respiration cellulaire. Préciser le bilan en ATP et en R'H2

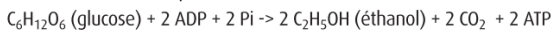
A faire en 1h cela reprend tout ce que l'on a vu

Exploitation des documents pour la réalisation d'une tâche complexe

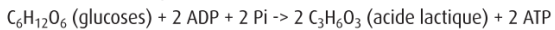
Réaliser une observation microscopique. Exploiter des résultats expérimentaux. Communiquer sous forme de tableau.

- Équations- bilan :

Fermentation alcoolique :



Fermentation lactique :



- Nombre d'oxydation moyen des atomes de C :

Dans l'acide pyruvique, le nombre d'oxydation moyen du carbone est +2/3.

Après fermentation alcoolique, en tenant compte du carbone dégagé sous forme de CO_2 et du carbone de l'éthanol, le nombre

d'oxydation moyen du carbone devient 0 (-2 en moyenne dans l'éthanol et +4 dans le dioxyde de carbone). Il y a donc eu, globalement, réduction du carbone pendant les étapes strictement fermentaires. Cette réduction est couplée à la réoxydation de $R'H_2$ en R' .

Après fermentation lactique, dans l'acide lactique produit, le nombre d'oxydation moyen du carbone est 0. Là encore, la fermentation correspond à une réduction du carbone, couplée à la réoxydation de $R'H_2$.

- Rendement énergétique des fermentations (glycolyse incluse) : Dans le cas de la fermentation éthanolique, il y a production de 2 ATP par molécule de glucose et il reste une molécule d'éthanol. En considérant l'éthanol comme un substrat énergétique utilisable ultérieurement (voir l'exercice d'évaluation des compétences expé-

mentales pp. 70-71), le rendement vaut $2^{*}30 / (2840 - 1360) = 4,1 \%$. Si on estime que l'énergie de l'éthanol ne sera jamais utilisée par la suite, le rendement est de $2^{*}30/2840 = 2,1 \%$.

Dans le cas de la fermentation lactique, il y a production de 2 ATP par molécule de glucose et il reste une molécule d'acide lactique. Donc le rendement est du même ordre de grandeur que pour la fermentation alcoolique : $2^{*}30 / (2840 - 1200) = 3,6 \%$. Si on estime que l'énergie de l'acide lactique ne sera jamais utilisée par la suite, le rendement est de $2^{*}30/2840 = 2,1 \%$

Ces rendements sont très inférieurs à ceux de la respiration cellulaire calculés à l'unité 2 (40,1 %).

Tableau comparatif des fermentations et de la respiration, voir bilan des unités p. 41.

$R'H_2$ formé	Respiration	Fermentation lactique ou alcoolique
Lors de la glycolyse	2 $R'H_2$	2 $R'H_2$
Lors du cycle de Krebs	10 $R'H_2$	
Total	12 $R'H_2$	2 $R'H_2$

Bilan en $R'H_2$ de la respiration et des fermentations.

ATP formé		Respiration	Fermentation alcoolique ou lactique
Lors de l'oxydation du glucose	localisation	cytoplasme, matrice mitochondriale	cytoplasme
	quantité	4	2
Lors de la réoxydation des $R'H_2$	localisation	ATP-synthases mitochondriales	cytoplasme
	quantité	34	0
Total		38	2

Bilan en ATP de la respiration et des fermentations.

Belin Edition 2012

Pb : quels sont les points communs et différence entre fermentations et respiration cellulaire ?

IV- BILAN COMPARE DE LA RESPIRATION ET DES FERMENTATIONS

Réinvestir des connaissances

Effectuer une synthèse

R'H ₂ formé	Respiration	Fermentation lactique ou alcoolique
Lors de la glycolyse	2 R'H ₂	2 R'H ₂
Lors du cycle de Krebs	10 R'H ₂	
Total	12 R'H₂	2 R'H₂

Bilan en R'H₂ de la respiration et des fermentations.

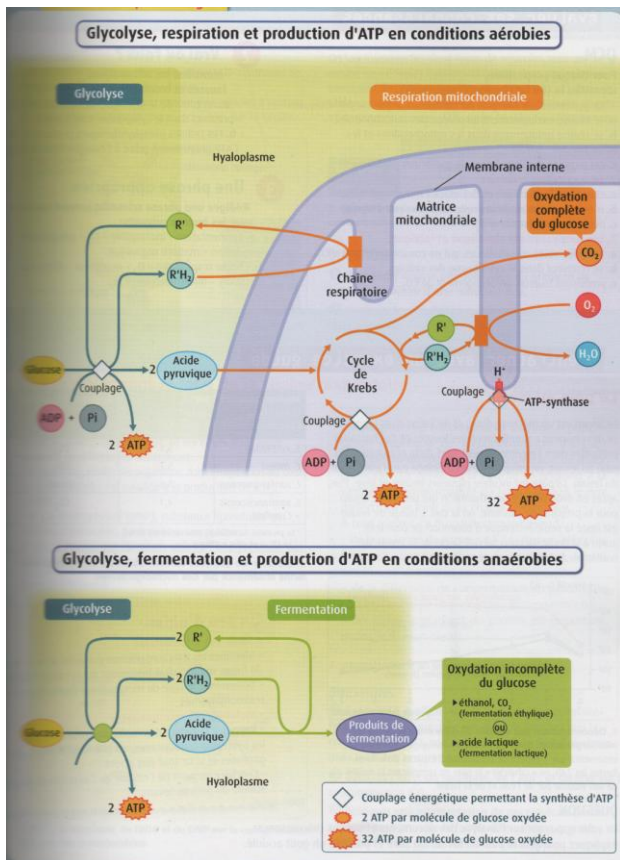
ATP formé		Respiration	Fermentation alcoolique ou lactique
Lors de l'oxydation du glucose	localisation	cytoplasme, matrice mitochondriale	cytoplasme
	quantité	4	2
Lors de la réoxydation des R'H ₂	localisation	ATP-synthases mitochondriales	cytoplasme
	quantité	34	0
Total		38	2

Bilan en ATP de la respiration et des fermentations.

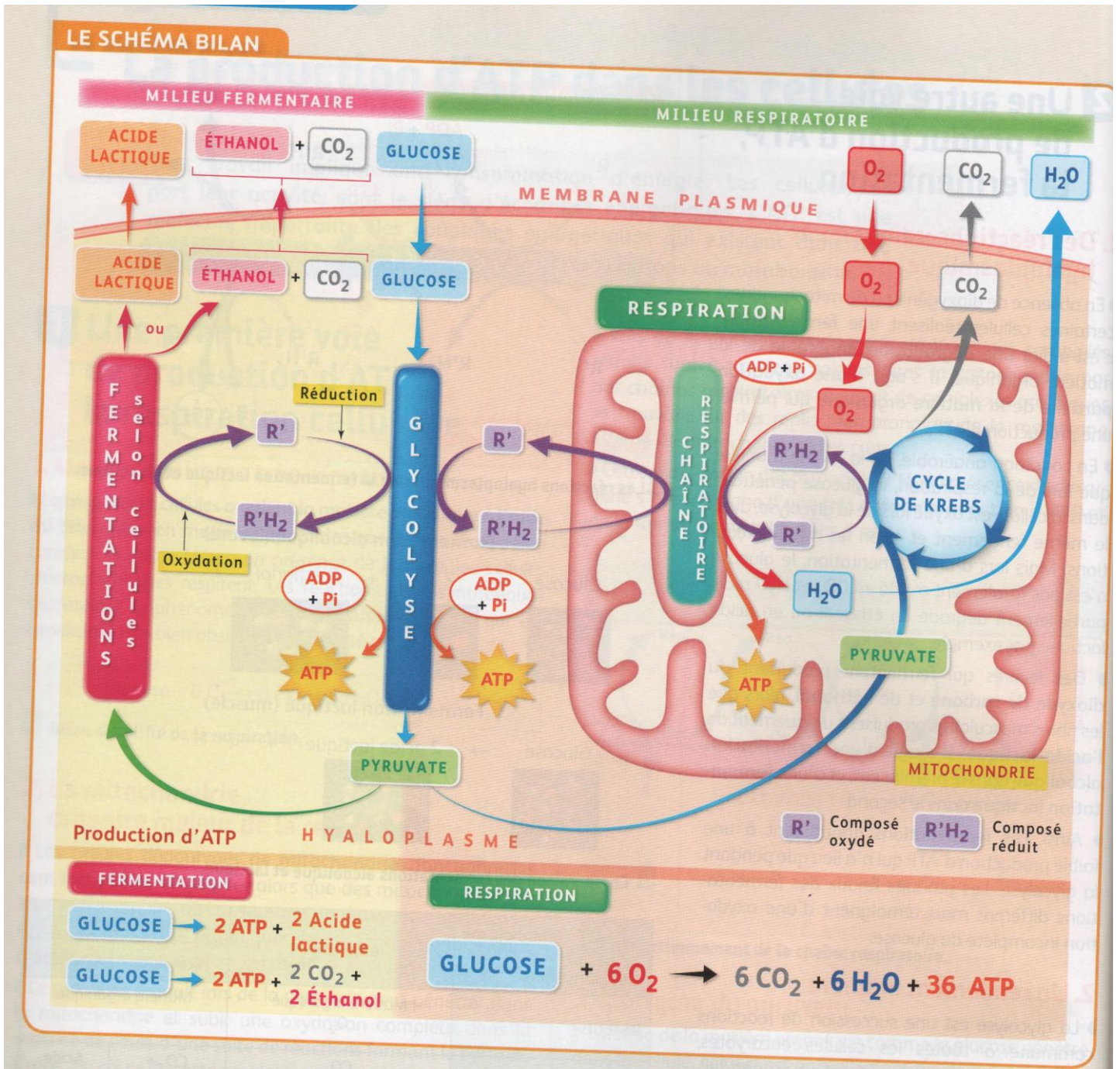
Belin Edition 2012

En anaérobiose la dégradation complète d'une molécule de glucose (libération de 2840Kj.mol⁻¹) permet la synthèse de 38 molécules d'ATP (consommation environ 30KJ/mol), ce qui correspond à un rendement énergétique de l'ordre de 40%.

En anaérobiose, la dégradation incomplète du glucose permet la synthèse de deux molécules d'ATP, et le rendement énergétique est de 2% seulement. Les produits de fermentation contiennent un énergie chimique potentiellement utilisable, en cas de retour à des conditions aérobies.



Belin Edition 2012



Nathan Edition 2012

Attention vous devez être capable de refaire des schémas

Allez voir sur mon site ici il y a des infos...

http://martial.svt.free.fr/index_fichiers/Page714.htm

Pour aller plus loin :

- La fermentation lactique
- La fermentation alcoolique
- Métabolisme énergétique d'un spermatozoïde
- La glycolyse
- Le cycle de Krebs
- Les mitochondries
- Une fermentation obligatoire pour les hématies
- Le sucre et les vins
- Les maladies mitochondriales

Histoire des sciences :

- Louis Pasteur et la fabrication du vinaigre
- Mitochondries : un drôle d'héritage
- L'effet Pasteur

