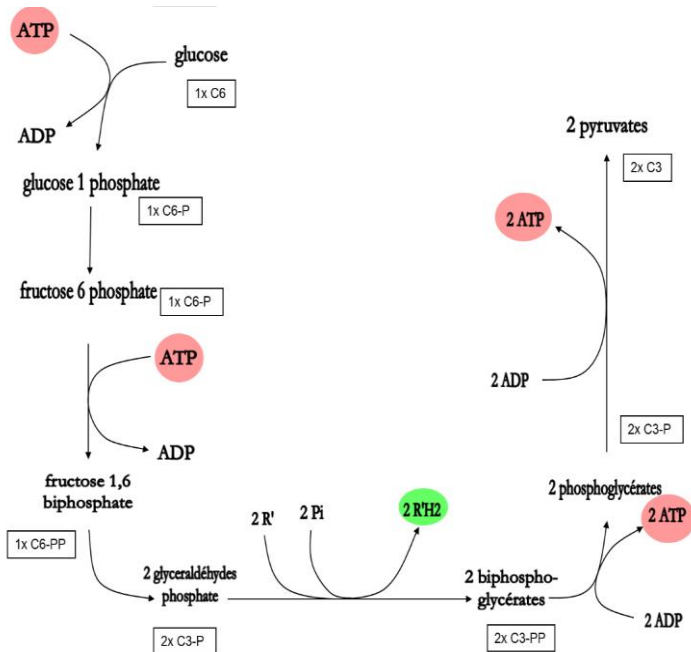
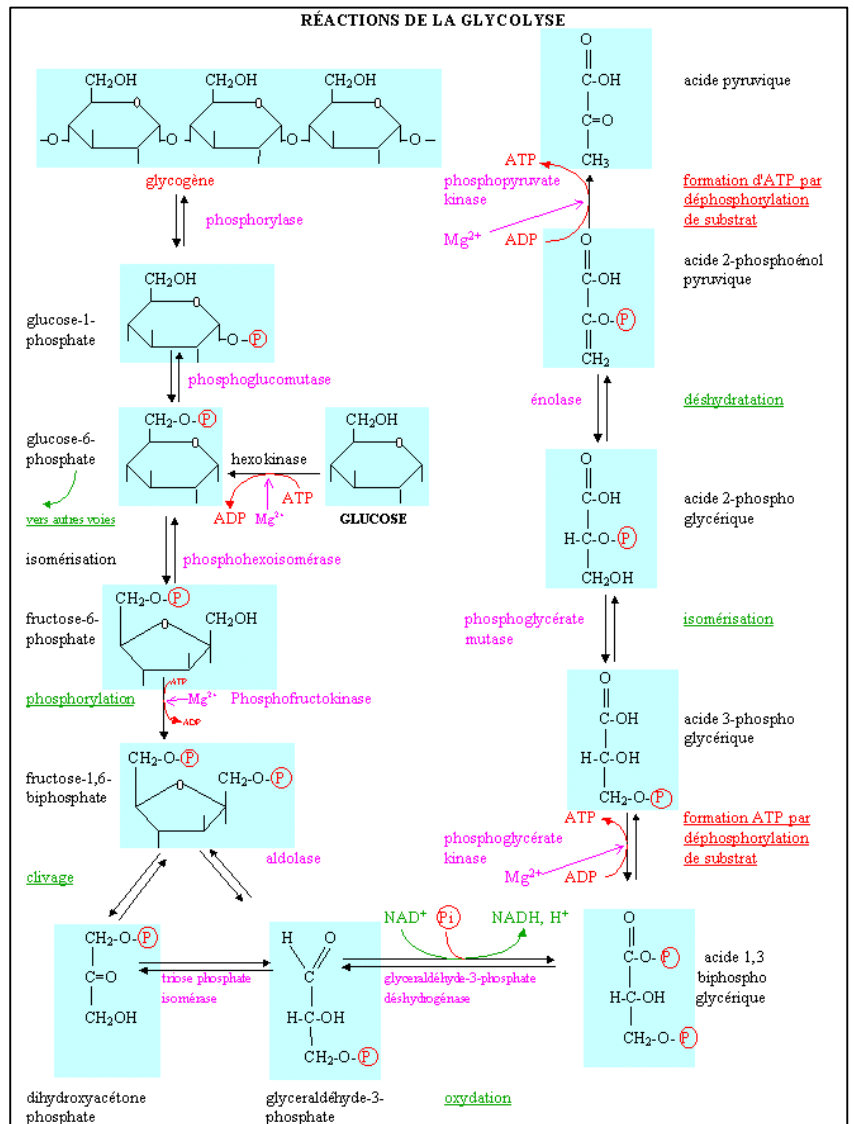


Dégradation des molécules glucidiques : respirations et fermentations

Document 1 : la glycolyse.



La glycolyse a lieu dans le cytoplasme ; elle permet l'oxydation du glucose en **pyruvate** ($\text{CH}_3\text{COCO}_2\text{H}$) en produisant des coenzymes réduites (transporteurs d'électrons nommés $\text{R}'\text{H}_2$ pour les distinguer de ceux de la photosynthèse) et 2 molécules d'ATP par molécule de glucose.



Document 2 : le cycle de Krebs.

Il s'agit d'une succession de **décarboxylations** (libérant du CO_2) à partir du pyruvate, à l'intérieur de la **matrice** mitochondriale (voir schéma de la mitochondrie ci-dessous) produisant à nouveau **ATP et $\text{R}'\text{H}_2$** .

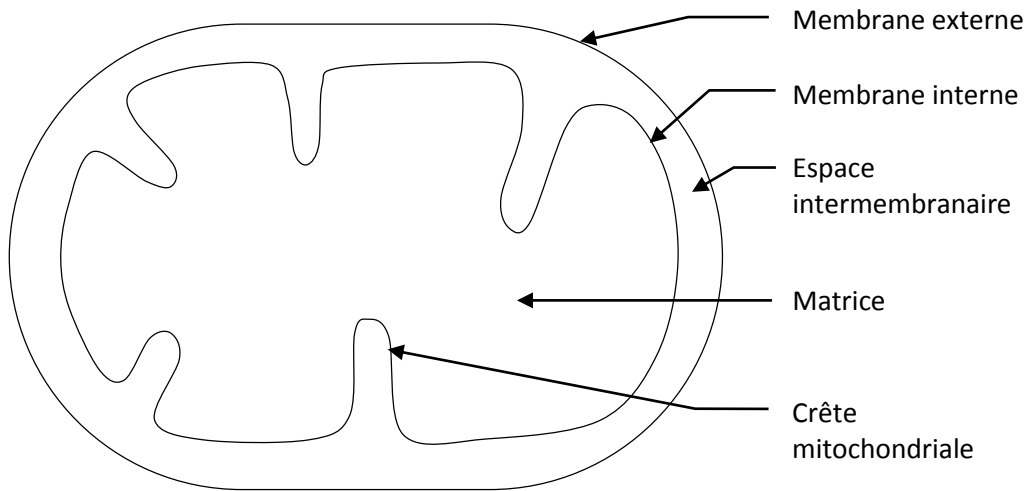
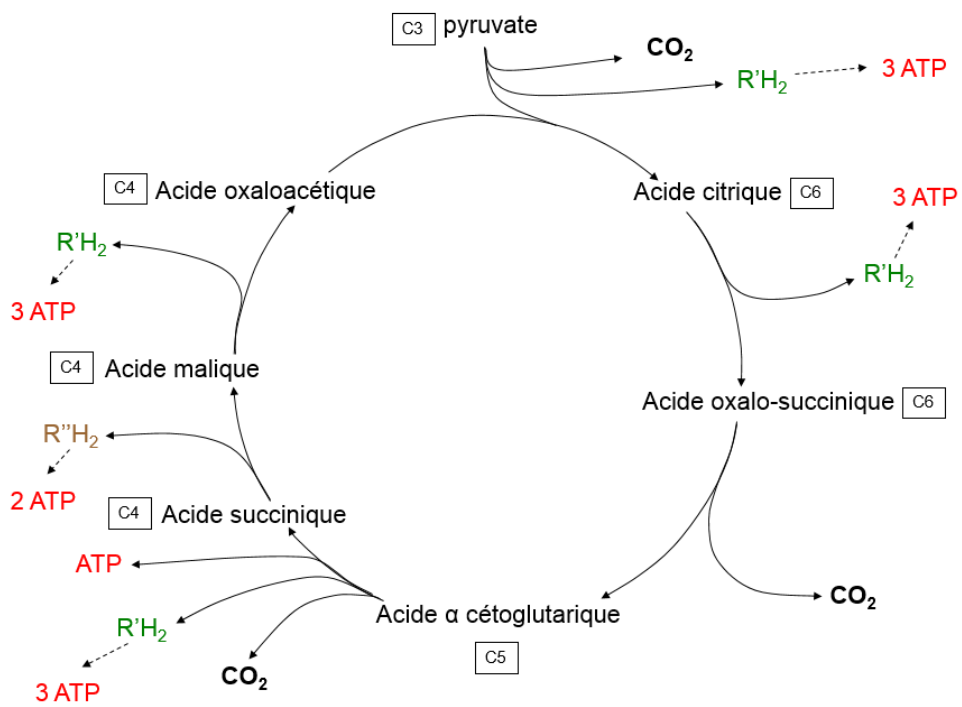
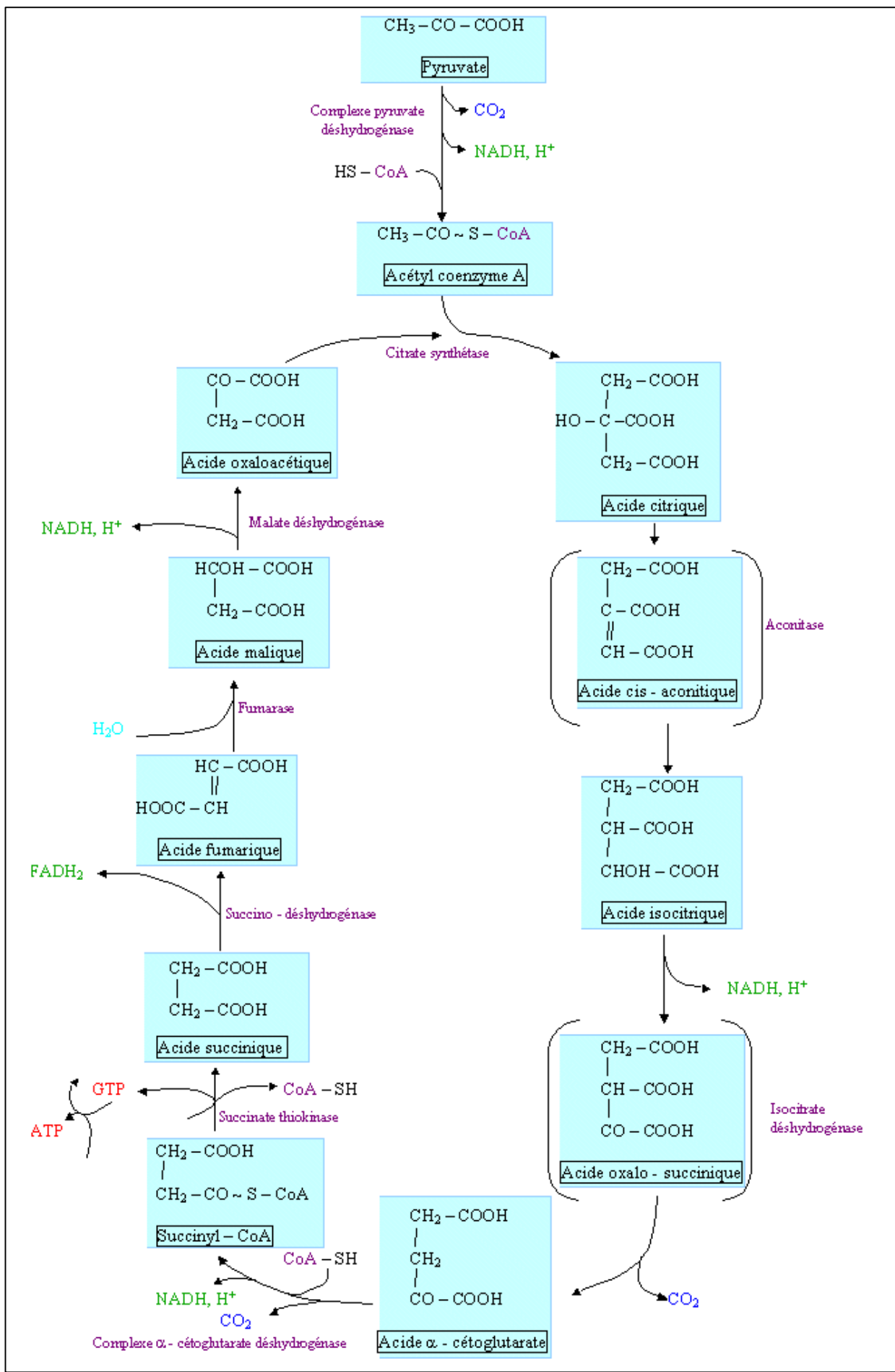


Schéma d'une mitochondrie



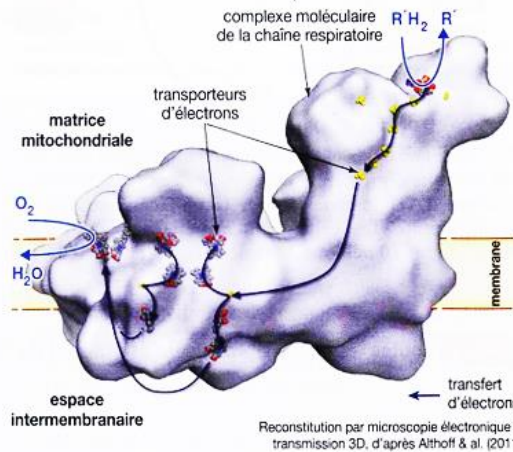
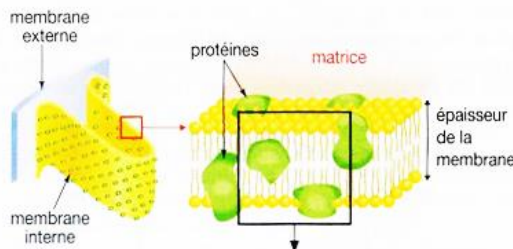
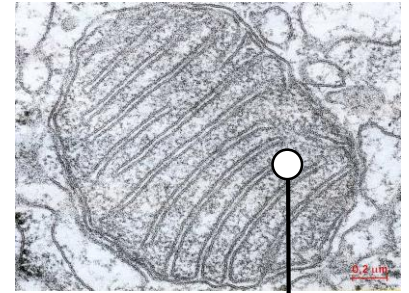
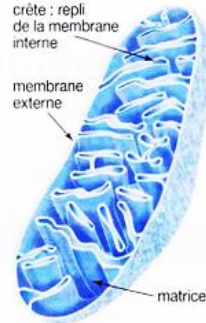


Document 3 : la chaîne oxydative des crêtes mitochondriales

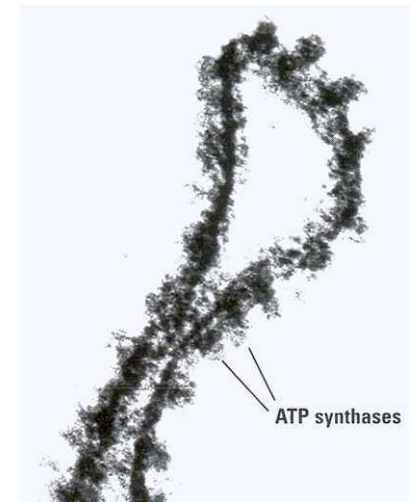
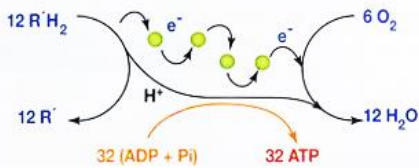
La dernière étape est la **réoxydation** par le dioxygène des composés **réduits R'H₂** dans les **crêtes** de la membrane interne des mitochondries. Une importante quantité d'**ATP** est ainsi produite grâce à l'intervention d'enzymes particulières, les **ATP-synthases** (tout comme d'ailleurs au niveau des thylakoïdes des chloroplastes à l'origine de la production d'ATP par la phase photochimique), disposées sur les crêtes mitochondriales également. Ces enzymes utilisent le flux de protons généré par l'accumulation des protons suite à la réoxydation des transporteurs réduits R'H₂. En effet, l'accumulation de protons dans l'espace intermembranaire (qui s'accompagne de la réduction du dioxygène en eau) génère un gradient (un déséquilibre de concentration) de protons qui tendent à chercher l'équilibre et ne peuvent passer que par un canal couplé aux ATP-synthases pour rejoindre la matrice mitochondriale. Ce flux ainsi créé s'accompagne d'une énergie cinétique qui fait tourner des sous-unités des ATP-synthases. Ces dernières transfèrent cette énergie à des molécules d'ATP nouvellement constituées à partir d'ADP et de phosphate inorganique (Pi).



L'observation au microscope électronique à fort grossissement montre qu'une mitochondrie possède deux membranes. Alors que la membrane externe est une simple enveloppe, la membrane interne présente une structure complexe avec de très nombreux replis, appelés **crêtes mitochondriales**. La surface en contact avec la matrice est ainsi démultipliée. En outre, la membrane interne est très riche en protéines (80 % de ses constituants, contre 50 % pour la membrane externe).



Un ensemble complexe de molécules enchâssées dans la membrane interne constitue la **chaîne respiratoire** (modèle moléculaire ci-contre). Ces molécules assurent une ré-oxydation des composés réduits R'H₂ produits par la glycolyse et le cycle de Krebs. Chaque transporteur de la chaîne accepte les électrons du transporteur précédent et les transmet au suivant. Finalement, en bout de chaîne, c'est le dioxygène qui accepte électrons et protons pour former de l'eau. L'énergie libérée par ces oxydations successives permet de produire 32 molécules d'ATP à partir de 12 R'H₂.

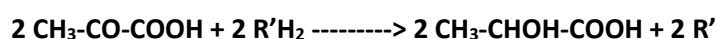


Document 4 : la fermentation lactique

Chez l'Homme, certaines cellules, sous certaines conditions, réalisent une fermentation (hématies, certaines cellules musculaires...). Celle-ci est un mécanisme qui est dit anaérobie (toutes les fermentations ne sont pas anaérobies ; leur seul point commun est de ne pas pouvoir réoxyder les transporteurs réduits R'H₂ grâce aux chaînes oxydatives des crêtes mitochondriales. Une cellule peut donc fermenter en absence de dioxygène et/ou en absence de mitochondrie). Le pyruvate est alors utilisé pour réoxyder les composés R'H₂ ce qui conduit à la formation d'acide lactique (CH₃-CHOH-COOH) :

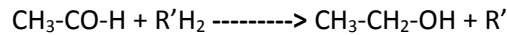
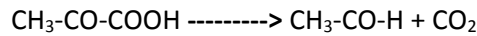


Pour faire le bilan à partir d'un glucose initial, on double les quantités :

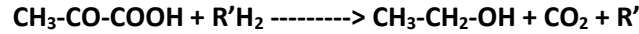


Document 5 : la fermentation alcoolique face à la respiration

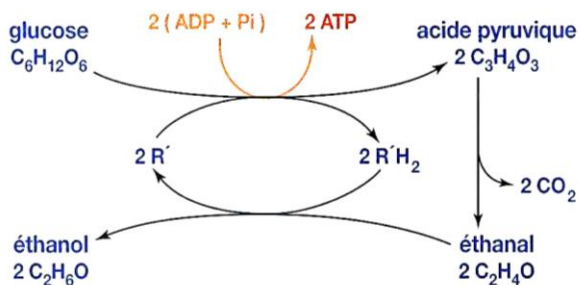
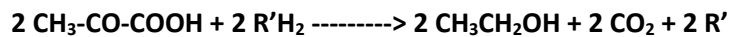
La fermentation alcoolique est plutôt fréquente chez les levures notamment et se déroule en deux temps et conduit à la formation d'éthanol :



On peut la simplifier sous la forme suivante :

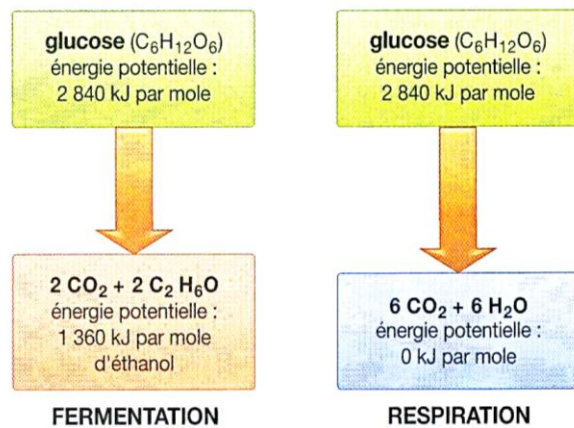


Pour faire le bilan à partir d'un glucose initial, on double les quantités :



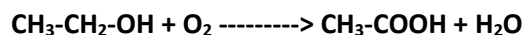
Les réactions de la fermentation alcoolique se déroulent dans le cytoplasme des levures. Elles ne nécessitent pas d'organites spécialisés (mais des enzymes spécifiques). Pour la cellule qui l'effectue, la fermentation alcoolique permet une production d'ATP dans certaines conditions, par exemple en **anaérobiose**, c'est-à-dire dans un milieu dépourvu de dioxygène. Par fermentation, la dégradation du métabolite organique est incomplète : il y a production d'un composé secondaire organique, ici l'éthanol.

Respiration et fermentation sont deux façons différentes de produire de l'énergie (ATP) à partir d'un même métabolite organique. Leur rendement est cependant bien différent : alors que la respiration produit 36 ATP par mole de glucose consommé, la fermentation n'en produit que deux.

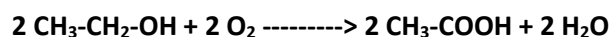


Document 6 : la fermentation acétique : une fermentation aérobie.

Cette fermentation fait suite à la fermentation alcoolique, elle transforme l'éthanol en acide éthanoïque (ou acide acétique, autrement dit du vinaigre) et nécessite la présence de dioxygène : on parle de fermentation aérobie. On peut la simplifier sous la forme suivante :



Pour faire le bilan à partir d'un glucose initial, on double les quantités :



Document 7 : comparer simplement le rendement de la fermentation et de la respiration.

Matériel :

- deux montages réalisés plusieurs jours à l'avance :
 - Montage 1 : 20 g de levures fraîches + 10g de glucose dans de l'eau bouillie (dégazée) dans un ballon de 250 ml avec bouchon et tube à dégagement.
 - Montage 2 : 20 g de levures fraîches + 10g de glucose dans de l'eau dans un ballon de 250 ml avec bouchon et bulleur.

- Lames de Malassez.
- Dispositif d'acquisition.
- Logiciel Mesurim.

Protocole :

On peut aisément compter un nombre de levures et donc calculer une concentration à l'aide de cellules (ou lames) de Malassez et d'un logiciel de comptage comme Mesurim après une acquisition numérique. Il est conseillé de diluer la suspension avant de procéder au comptage.

Document 8 : des respirations anaérobies.

Lorsque le transfert des électrons par voie cytochromique se fait vers une autre molécule que le dioxygène, on parle de respiration anaérobie. Certaines espèces bactériennes peuvent utiliser comme accepteur final d'électrons des composés minéraux oxydés (" riches en atomes d'oxygène ") du milieu de culture autre que le dioxygène.

Il s'agit principalement de composés azotés oxydés, nitrates NO_2^- , nitrites NO_3^- (ces respirations anaérobies sont souvent une alternative à la respiration aérobie) ou de composés soufrés oxydés, sulfites SO_3^{2-} , thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ou tétrathionate $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$. Lorsque cette respiration anaérobie est obligatoire, les bactéries sulfito-réductrices qui l'utilisent sont le plus souvent anaérobies strictes.

Des composés organiques peuvent être accepteurs terminaux d'électrons. La " respiration du fumarate " peut suivant les conditions de culture, se rencontrer chez une multitude de micro-organismes procaryotes ou non !

- des bactéries anaérobies : *Bacteroides fragilis*, *Clostridium formicoaceticum*, *Streptococcus faecalis*...
- des bactéries anaérobies facultatives : *Bacillus megaterium*, *Escherichia coli*...
- des vers parasites : *Ascaris*, *Fasciola*.

Toutes ces respirations anaérobies sont bien des respirations au sens où il existe une chaîne membranaire de transporteurs d'électrons avec création d'un potentiel électrochimique de membrane permettant la phosphorylation oxydative. Il faut toutefois rappeler ici, que s'agissant des composés azotés et soufrés des réactions d'assimilation (qui ne sont pas des réactions de " respiration ") peuvent avoir lieu. Par opposition à cette notion d'assimilation, lorsque le composé minéral oxydé n'est pas utilisé comme source de matière (azote ou soufre suivant le cas), on parle de voie dissimilatrice pour qualifier la " respiration " dudit composé (l'accepteur final d'électron est un déchet que la bactérie n'assimile pas ; elle le rejette dans le milieu extérieur).