

Chapitre 2 – Respiration et fermentation, des sources d'ATP L'hétérotrophie pour le carbone

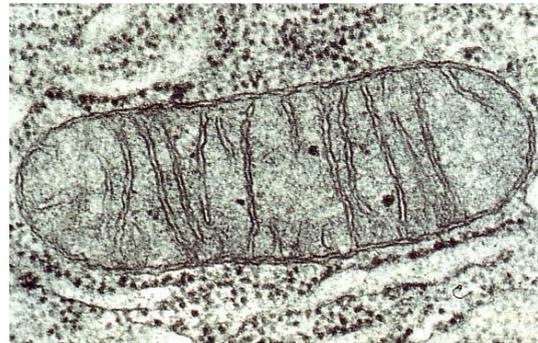
Nous venons de voir que les **autotrophes** sont capables de produire de l'ATP au sein des chloroplastes lors de la phase photochimique. Nous allons maintenant décrire les mécanismes qui permettent aux **hétérotrophes** de **produire de l'ATP en dehors des chloroplastes** avec l'étude de la **respiration** et de la **fermentation**.

I- La production d'ATP grâce à la respiration.

1- Mise en évidence de la respiration

Problématique : Comment déterminer où et comment se fait la production d'ATP ?

Les observations de cellules en microscopie électronique à transmission (MET) révèlent la présence de mitochondries. Ces organites sont présents chez toutes les cellules animales et végétales (chlorophylliennes ou non).



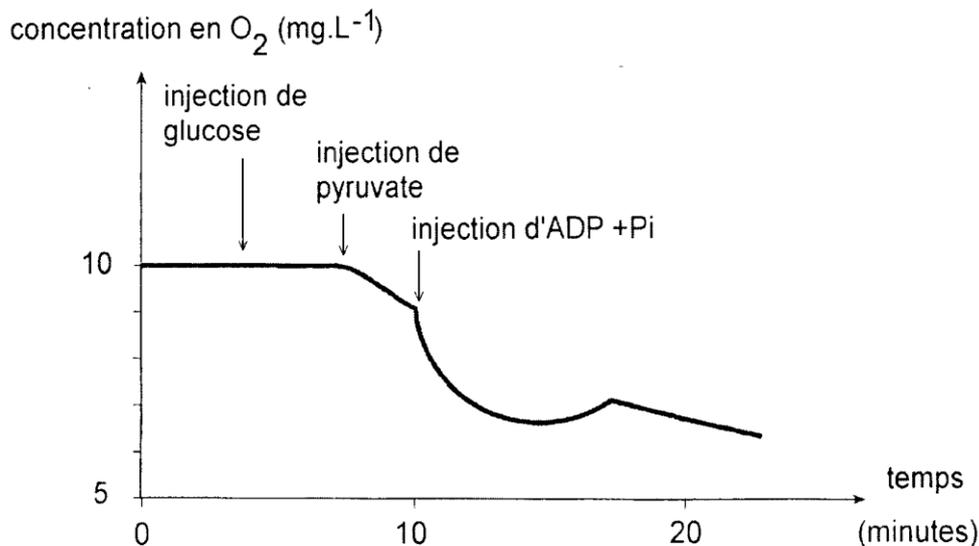
Document 5 : Une mitochondrie observée au MET

Grossissement : x 40 000
Campbell, Biologie.

Document 6 : Consommation de dioxygène par des mitochondries isolées.

Des mitochondries sont isolées à partir de cellules animales. A l'aide d'un système ExAO (expérimentation assistée par ordinateur), on suit la concentration en dioxygène du milieu dans les conditions expérimentales suivantes :

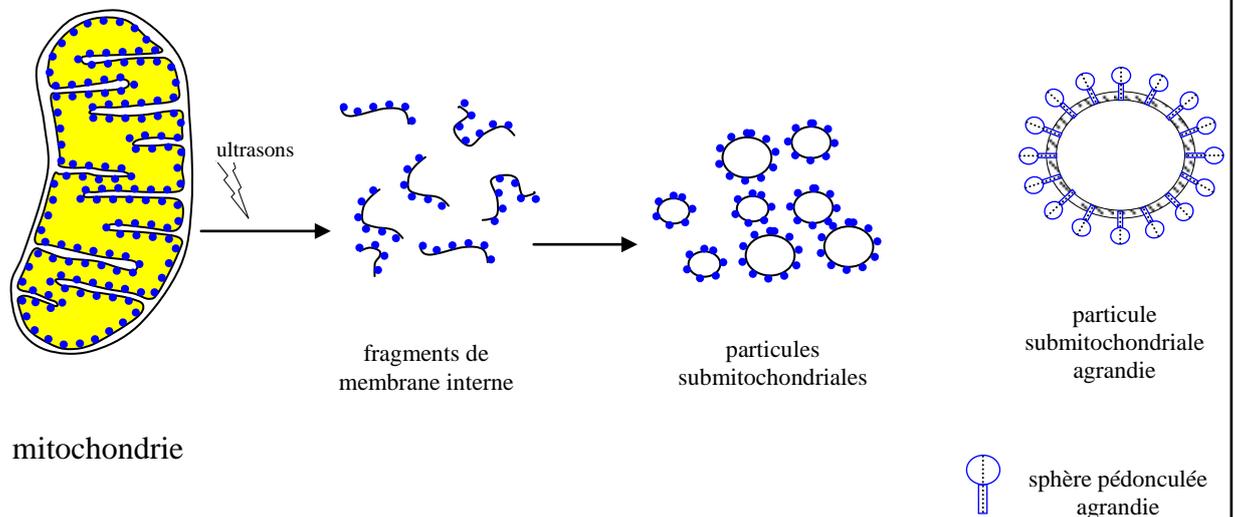
(d'après SVT spécialité Didier)



- Glucose : sucre en C6
- Pyruvate : molécule à 3 atomes de carbone résultant de la dégradation partielle du glucose dans le cytoplasme
- ADP + Pi : Adénosine diphosphate + phosphate inorganique

Document 7 : Les sphères pédonculées : Expérience sur des particules submitochondriales d'après bac septembre 2008 Antilles (<http://didac.free.fr/bac/ts0809antilles/doc3s.htm>)

Les particules submitochondriales, petits sacs de 100 nm de diamètre, sont obtenues à partir de fragments retournés de membrane interne de mitochondries. Cette membrane est recouverte de structures arrondies nommées sphères pédonculées qui ne sont plus en contact avec la matrice (=milieu intra-mitochondrial) mais avec un milieu expérimental. Il contient de l'O₂, des composés réduits R'H₂, de l'ADP et du P (phosphate inorganique).

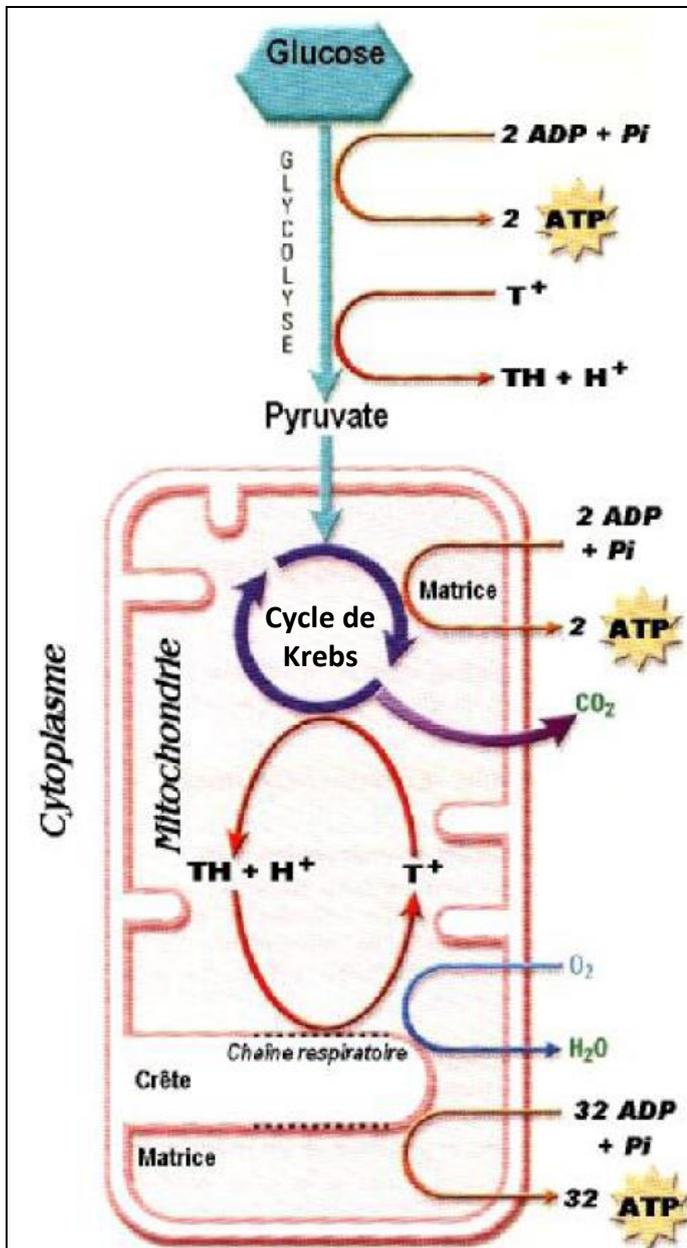


Conditions	Résultats
particules submitochondriales	Synthèse d'ATP et réoxydation des R'H ₂ en R'
particules submitochondriales sans les sphères.	Pas de synthèse d'ATP mais réoxydation des R'H ₂ en R'
particules submitochondriales sans les sphères, mais ajout de sphères isolées dans le milieu	Synthèse d'ATP et réoxydation des R'H ₂ en R'

Remarque : en l'absence de composés réduits R'H₂, il n'y a pas de synthèse d'ATP.

Ces sphères pédonculées correspondent à l'ATP synthétase (ou synthase en anglais). Ce gros complexe de protéines est enchassé dans la membrane par sa partie F₀ et surmontée d'un pédoncule : la partie F₁. Le passage des ions H⁺ dans la partie F₀ fait tourner l'ATP synthétase et permet la production d'ATP à partir d'ADP et P_i (Phosphate inorganique). **L'ATP synthétase est présente dans la mitochondrie (membrane interne) mais également dans la membrane des thylakoïdes des chloroplastes.**

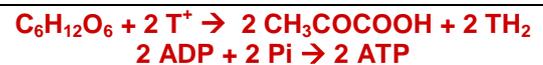
La respiration comporte plusieurs réactions chimiques catalysées par des enzymes. Au cours de ces réactions, la matière organique réduite (glucose) est oxydée sous forme de matière minérale (CO₂). Ces étapes correspondent à la minéralisation de la matière organique qui permet également de produire de l'ATP nécessaire aux réactions chimiques. Dans le cas d'une molécule de glucose, la respiration cellulaire peut être traduite par le bilan des transformations :



Document 8 : Réactions de la respiration cellulaire

2) Une étape préalable et indépendante : la glycolyse

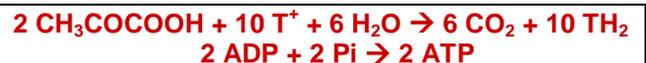
En premier lieu, il y a oxydation du glucose en pyruvate ; elle s'accompagne de la production de composés réduits TH₂ (proches des composés RH₂ fabriqués au cours de la photosynthèse). Elle se déroule dans le cytoplasme. L'énergie libérée permet, par couplage, la synthèse de deux molécules d'ATP par molécule de glucose oxydé.



3) La production d'ATP par la respiration cellulaire mitochondriale

a) Première étape : la dégradation du pyruvate par décarboxylation oxydative

La première étape de la respiration cellulaire se déroule dans la matrice des mitochondries. C'est une série de décarboxylations oxydatives (« on enlève des CO₂ aux molécules »), à partir du pyruvate. Ces réactions sont associées à la production de composés réduits (TH₂), de CO₂ et d'ATP. Ces réactions sont cycliques : c'est le cycle de Krebs.



b) Deuxième étape : la phosphorylation oxydative

La deuxième étape de la respiration cellulaire se déroule dans les crêtes de la membrane interne des mitochondries, au niveau de la chaîne respiratoire. Les TH₂ produits précédemment vont donner leurs électrons à cette chaîne de transport d'électrons, ce qui va permettre la réduction d'O₂ en H₂O. L'O₂ est donc un accepteur d'électrons (même rôle que le réactif de Hill dans la photosynthèse).

En parallèle, cette chaîne permet l'accumulation d'ions H⁺ dans la crête. Ces ions vont ensuite passer dans l'ATP-synthase (sphère pédonculée) qui permet la production d'ATP.



II- La production d'ATP grâce aux fermentations.

TP - Métabolisme des levures (3 sondes ou 2 sondes)

Lorsque l'O₂ n'est plus présent dans le milieu, la respiration cellulaire s'arrête. Les réactions d'oxydation des substrats deviennent alors incomplètes. Les fermentations produisent du CO₂ et un déchet organique (lactate ou éthanol), reste du substrat réduit non totalement oxydé lors du processus de dégradation.

Les fermentations assurent un renouvellement peu efficace mais réel des intermédiaires métaboliques, ce qui autorise dans le cas de la fermentation alcoolique, une vie sans oxygène.



1- La fermentation alcoolique :

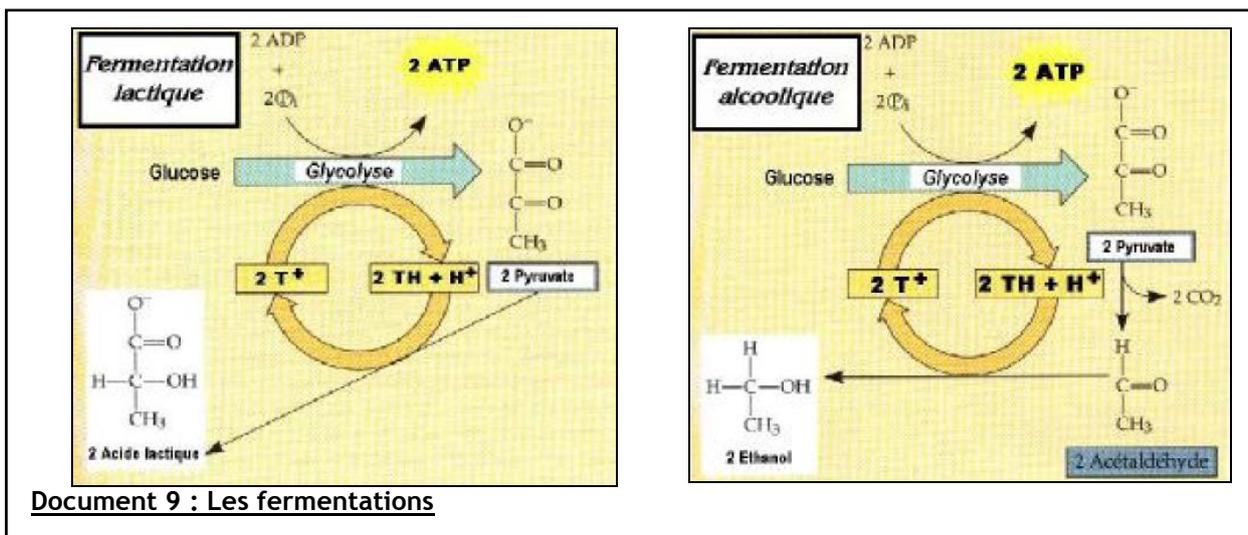
Elle est réalisée par des levures. Les levures possèdent l'équipement enzymatique capable d'hydrolyser le saccharose et le maltose pour former du glucose et du fructose.

Le plus fréquemment du glucose (C₆H₁₂O₆) est hydrolysé et de l'éthanol (CH₃-CH₂-OH) est produit. Les applications commerciales de la fermentation alcoolique sont connues depuis l'antiquité: c'est ainsi que le pain, le vin et la bière sont fabriqués.

2- La fermentation lactique :

Elle est réalisée par certains champignons et bactéries (utilisés pour la fabrication du yaourt ou du fromage) et par les cellules musculaires. Du glucose est détruit et de l'acide lactique également appelé lactate (CH₃-CHOH-COOH) est produit.

Elle est également réalisée par les cellules musculaires dans les premières minutes d'effort lorsque l'oxygène n'est pas présent en quantité suffisante pour démarrer les réactions de respiration cellulaire. Le lactate accumulé est responsable des douleurs musculaires



III- Bilans des réactions d'oxydation du glucose

Réaction	Respiration	F. Lactique	F. alcoolique
Substrat	Glucose	Glucose	Glucose
O ₂ utilisé	Oui	Non	Non
Oxydation	Totale	Partielle	Partielle
CO ₂ rejeté	Oui	Non	Oui
Déchets produits	CO ₂	Lactate	Ethanol + CO ₂
ATP produits	36	2	2
TH ₂ utilisés	12	2	2

Document 10 : Bilan énergétique et comparaison respiration / fermentation