

Chapitre 7

Métabolisme : bases du métabolisme énergétique

Pr. Bertrand TOUSSAINT

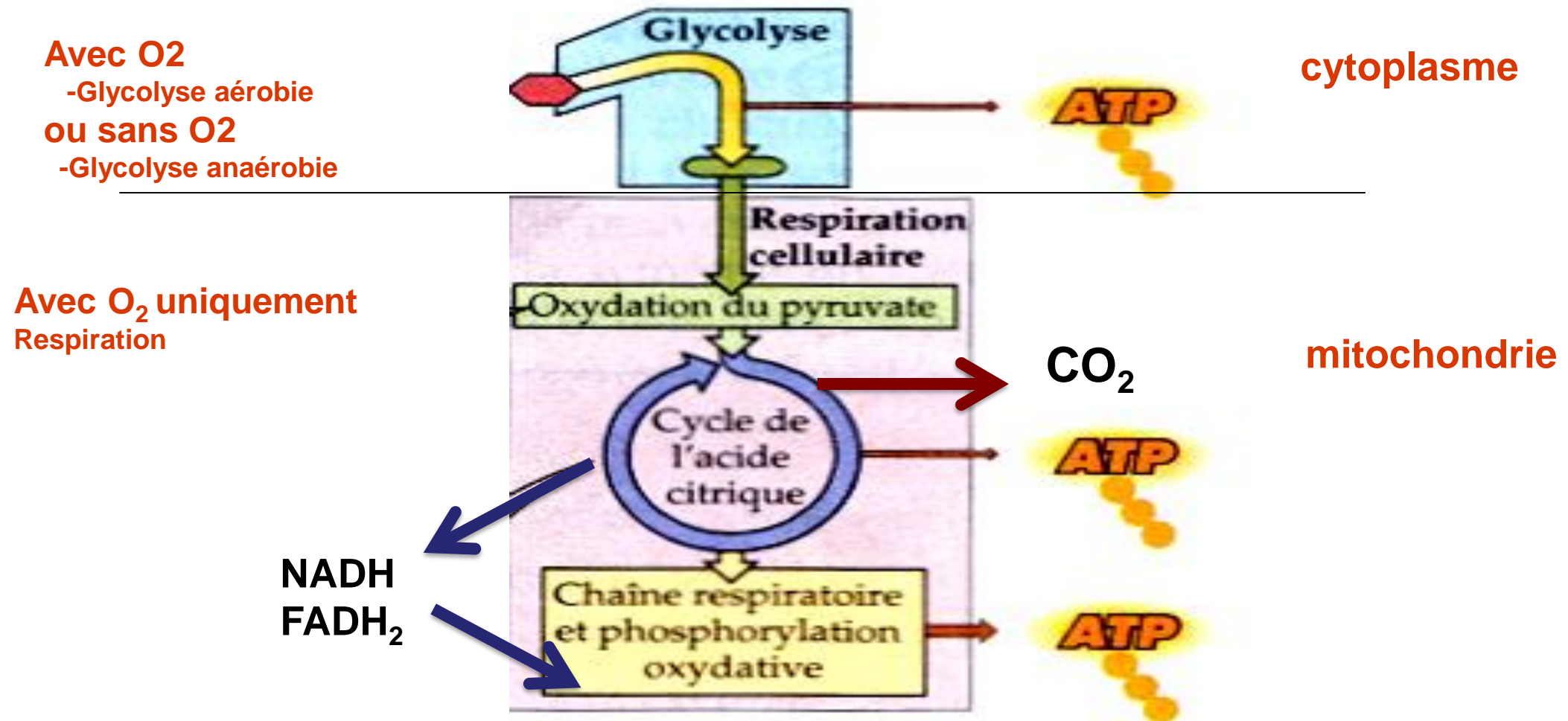
Plan du cours

- Dans le cytoplasme :
 - la glycolyse et la fermentation lactique
 - Utilisation des réserves en glucides
- Dans la mitochondrie
 - Le cycle de l'acide citrique
 - La rôle central de l'AcétylCoenzyme A
 - La phosphorylation oxydative selon Mitchel
 - La chaine respiratoire
- ATP et autres transporteurs de phosphoryles

Objectifs pédagogiques du cours

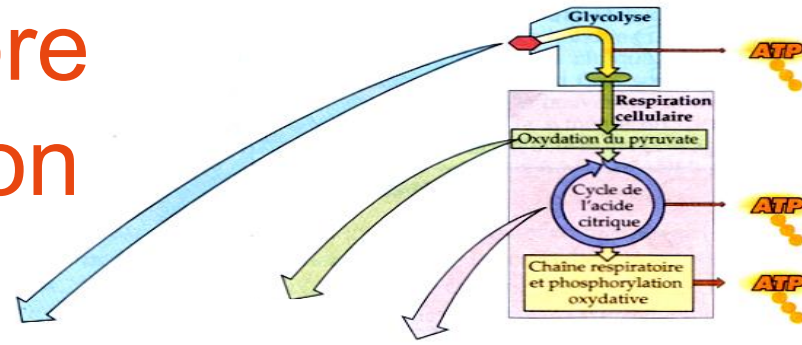
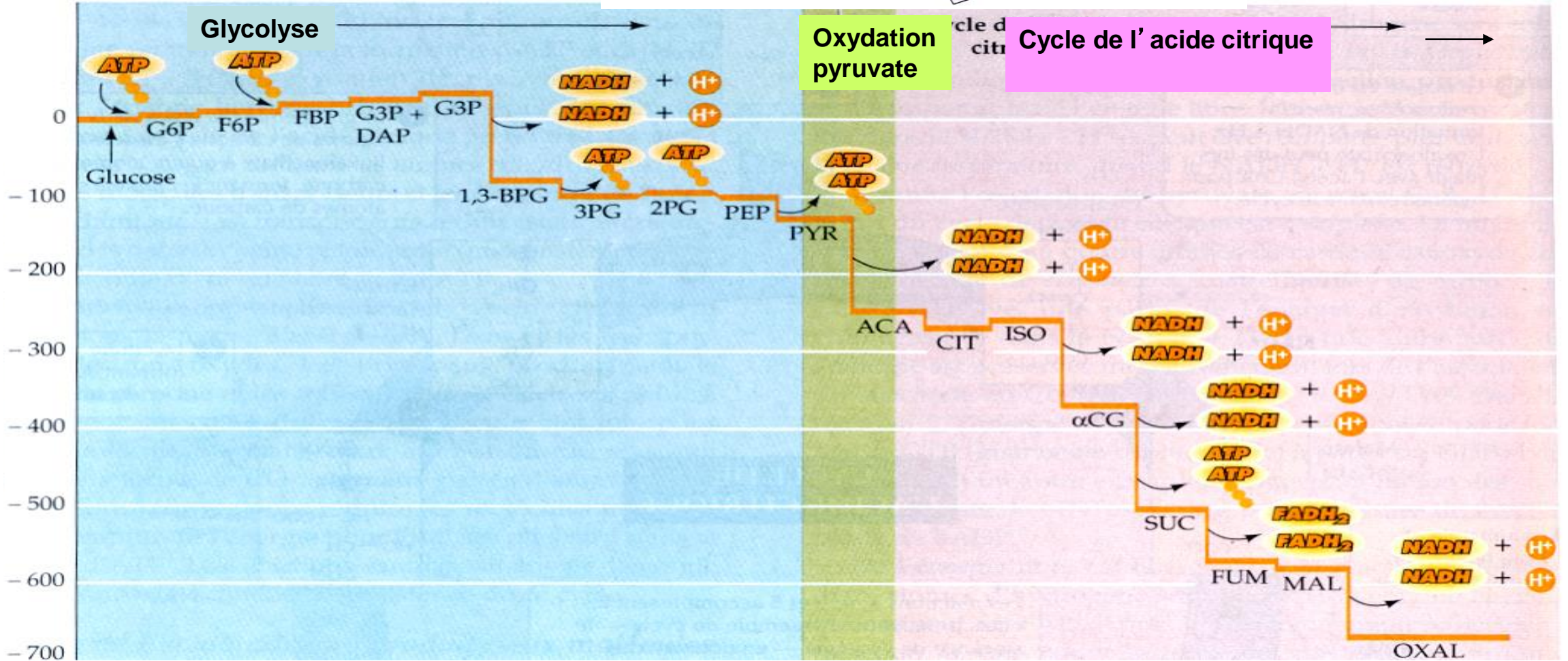
- Connaître le bilan de la glycolyse avec ou sans O_2
- Le rôle de l'acétyl-CoA et du cycle de l'acide citrique dans l'oxydation complète du carbone des nutriments
- L'apport des autres sources de carbone, lipides en particulier via la beta-oxydation des acides gras
- Connaître la théorie chimioosmotique de Mitchell
- Avoir une vision simple de la chaîne respiratoire mitochondriale
- Avoir des notions sur le bilan énergétique du catabolisme
- L'ATP et les autres transporteurs d'énergie libre pour le vivant

Schéma global du métabolisme, avec ou sans O₂

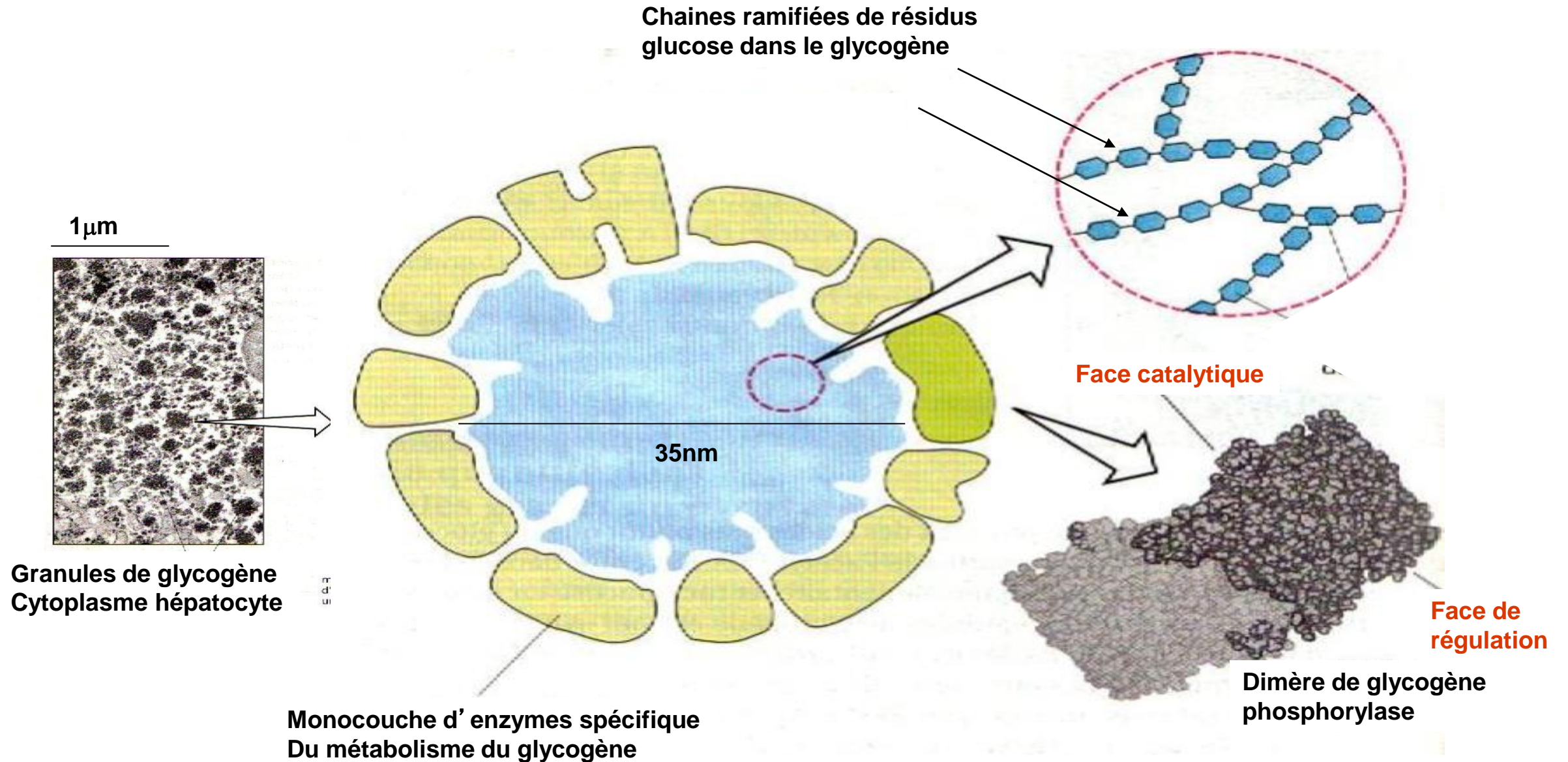


Variation d'énergie libre au cours de l'oxydation du glucose

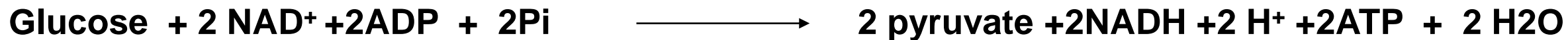
Changement d'énergie libre ΔG (en kcal)



Glucose : source de carbone réduit



La glycolyse



Hexoses \rightarrow 2 trioses \rightarrow pyruvate tricarboné

En présence d' O_2 , le pyruvate poursuit l'oxydation complète

En l'absence d' O_2 il n'y a pas de respiration : fermentation

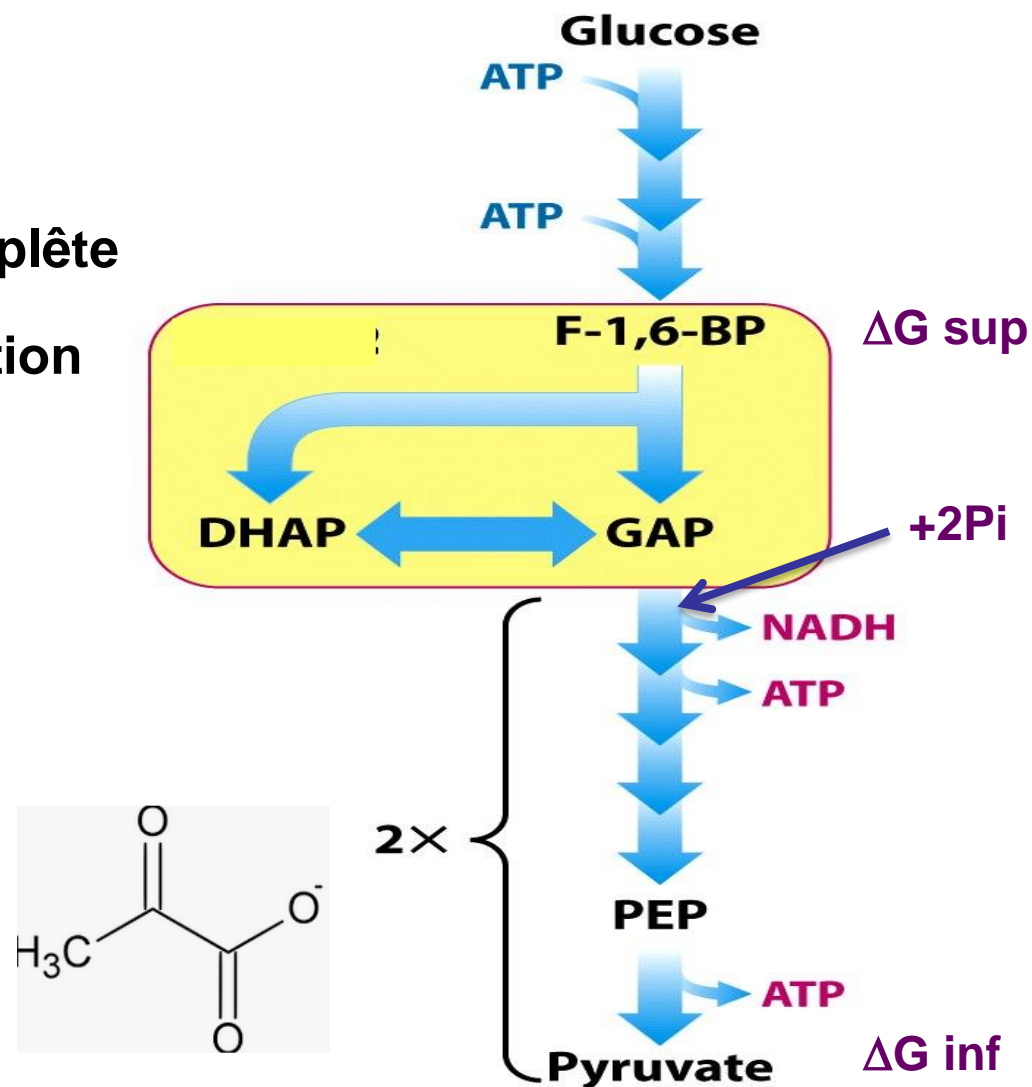
Universelle

Cytoplasme

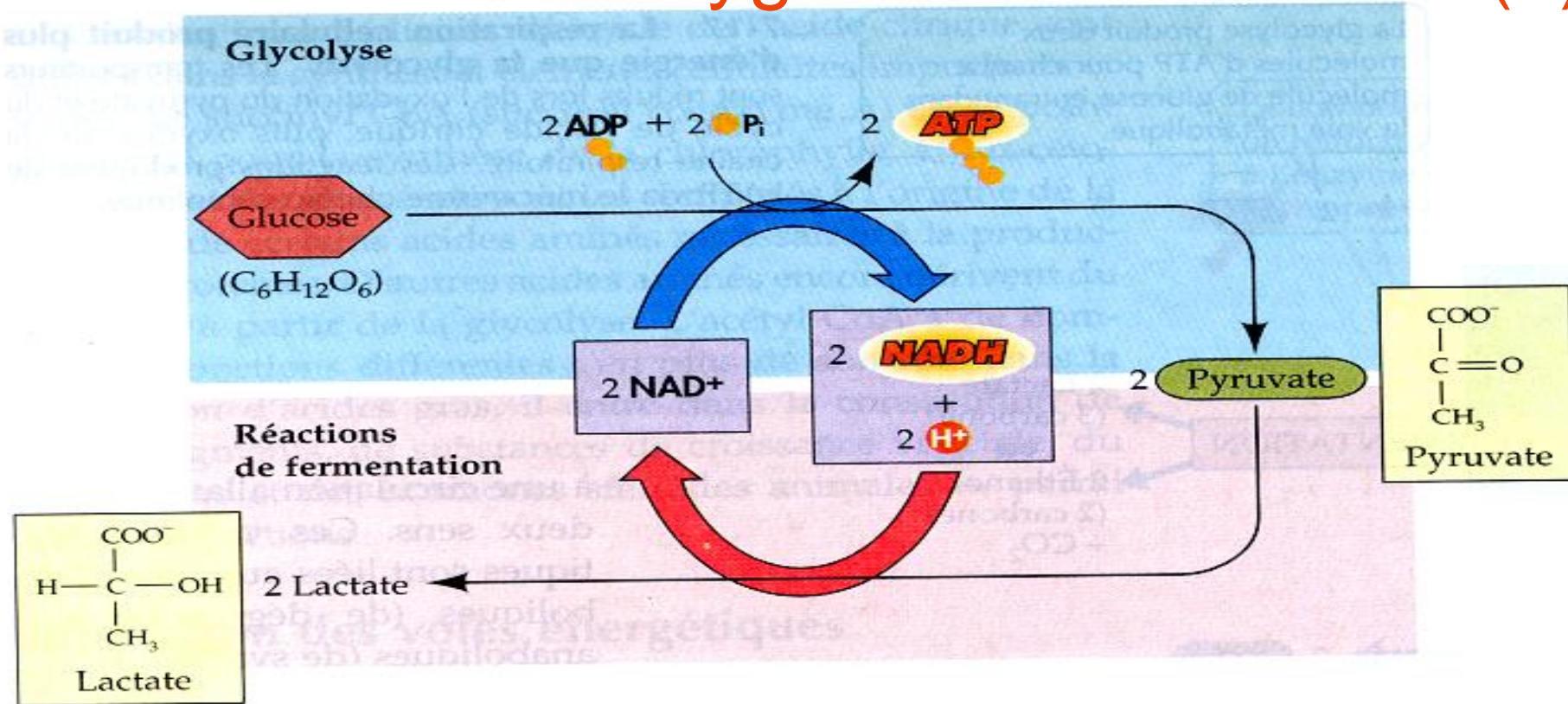
Régulée en plusieurs points en fonction des besoins de la cellule ou de l'organisme

Extrêmement rapide

Pyruvate \rightarrow glucose : néoglycogénèse

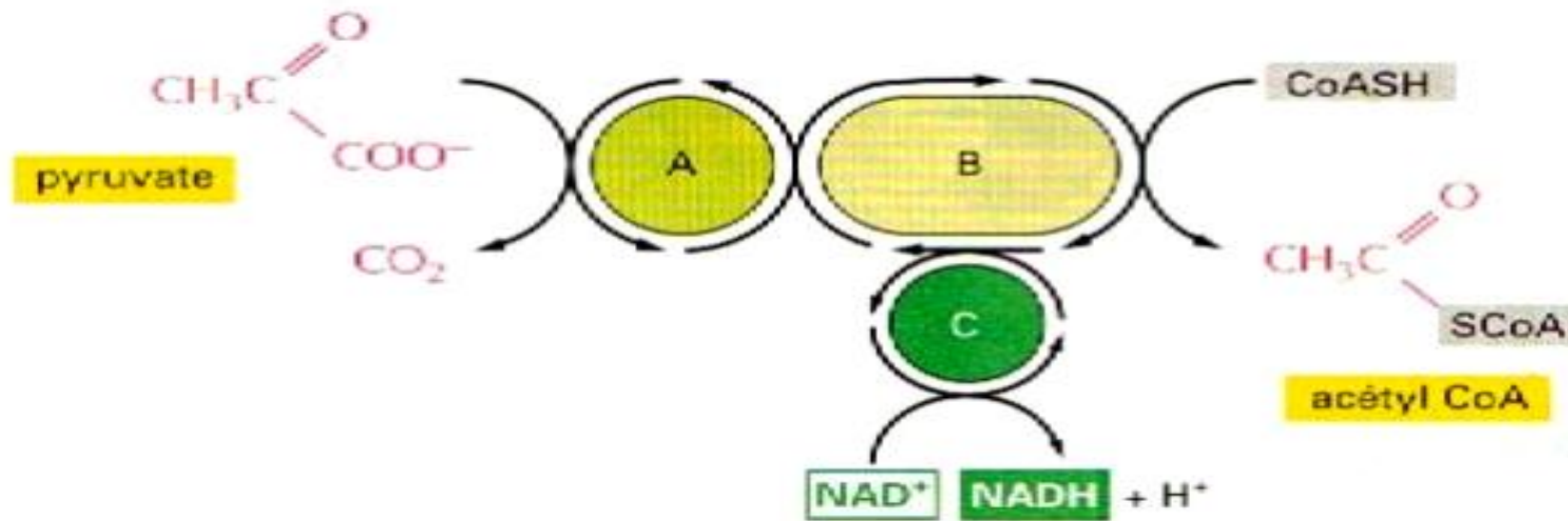


Absence de dioxygène : fermentation (1)



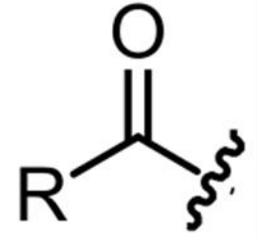
Fermentation lactique. La glycolyse produit du pyruvate ainsi que de l'ATP et le NADH + H^+ à partir du glucose. En utilisant le NADH + H^+ comme agent **réducteur**, réduction du pyruvate en acide lactique (lactate) par la lactate déshydrogénase. Régénération du NAD^+ . Le cerveau est quasiment dépourvu de LDH : grande sensibilité à l'hypoxie.

Oxydation du pyruvate dans la mitochondrie



complexe enzymatique mitochondrial : Pyruvate déshydrogénase

Le Coenzyme A : transporteur de groupe acyl



sulfhydryle : site réactif

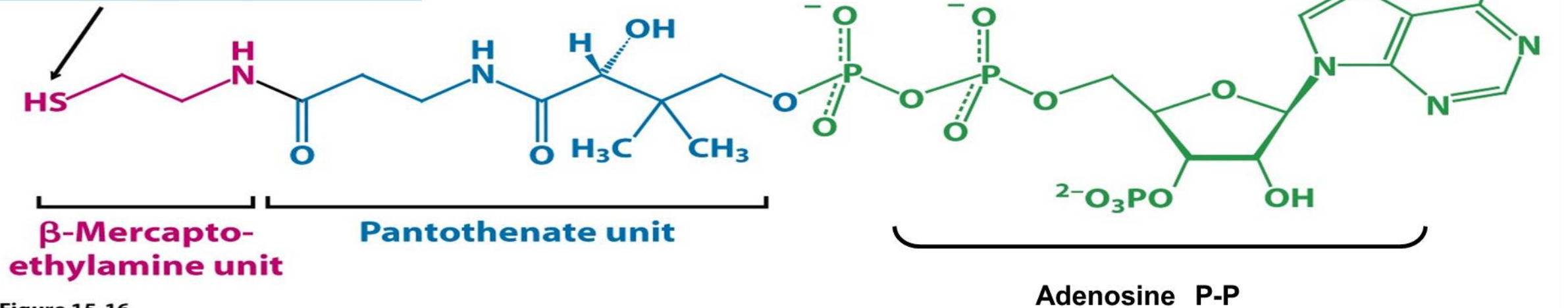
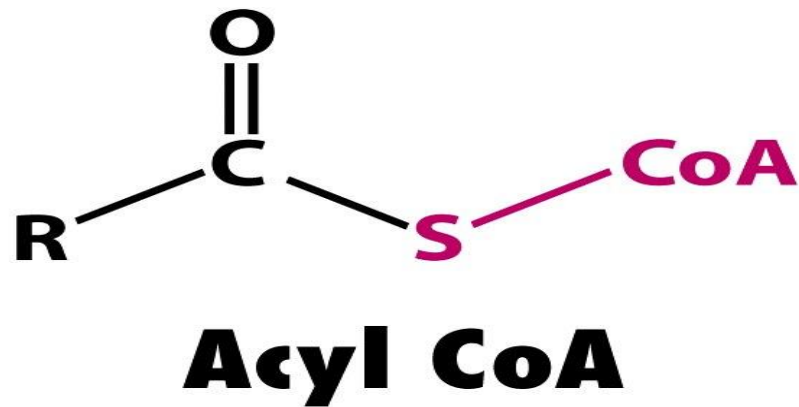


Figure 15-16
Biochemistry, Sixth Edition
© 2007 W. H. Freeman and Company

Coenzyme A : CoA ou CoA-SH

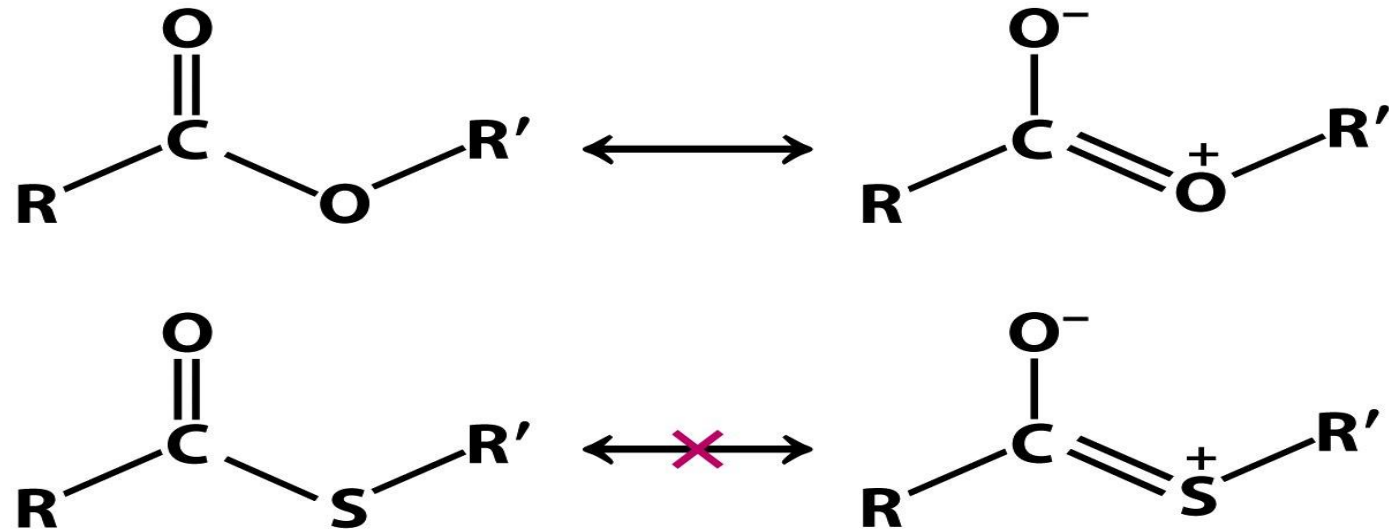
Acyl CoA et acétyl CoA

- 1) biosynthèse ou dégradation des lipides
- 2) entrée dans le cycle des acides carboxyliques



$$\Delta G^{\circ \prime} = -31.4 \text{ kJ/mol}$$

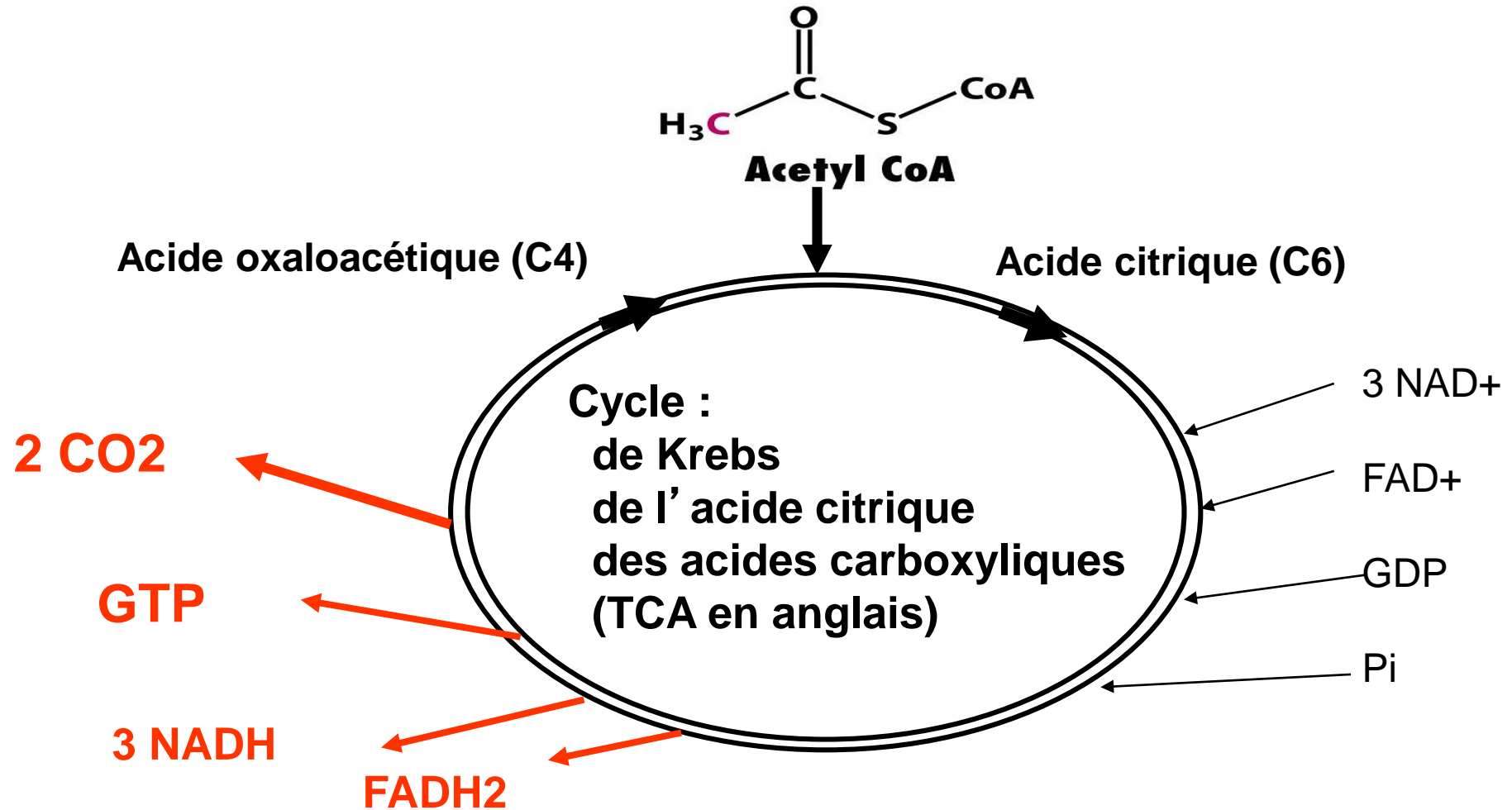
AcétylCoA : transporteur activé



Les oxygènes esters sont stabilisés par des structures en résonance impossibles pour les thioesters.

L' acétyl CoA porte donc un groupement acétyl activé, de la même façon que l' ATP porte un groupement phosphate activé

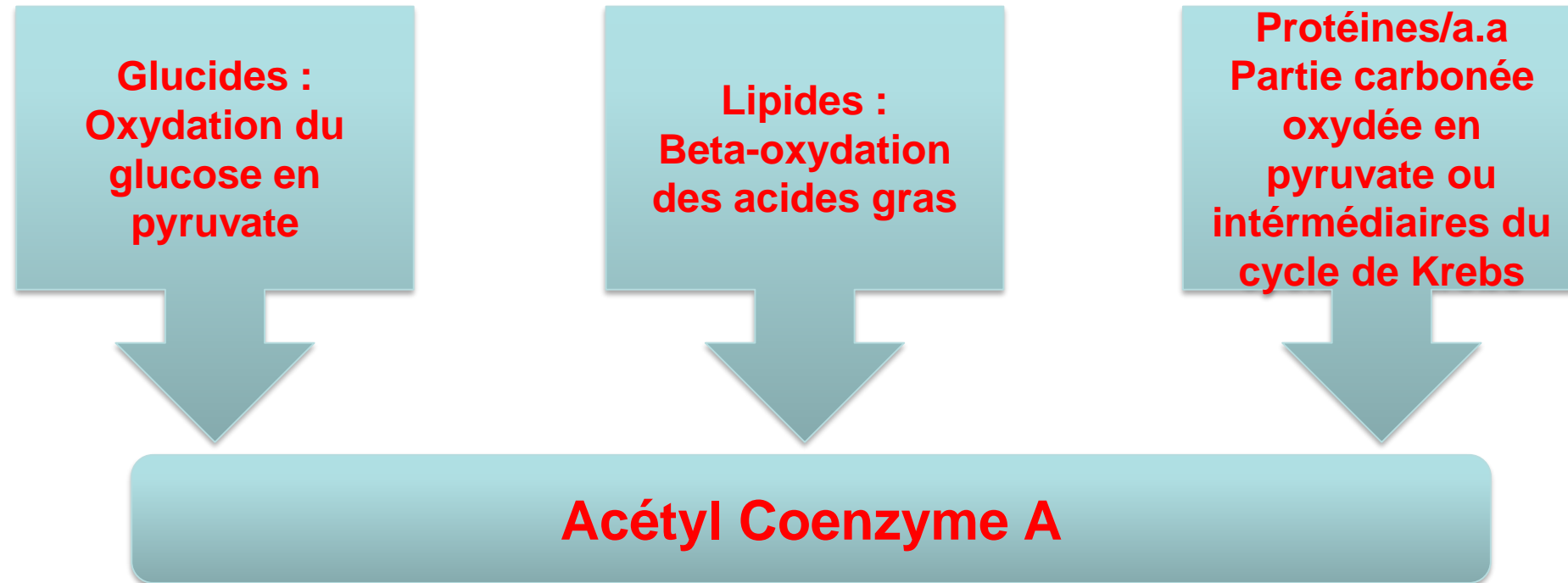
Poursuite de l'oxydation : cycle de l'acide citrique



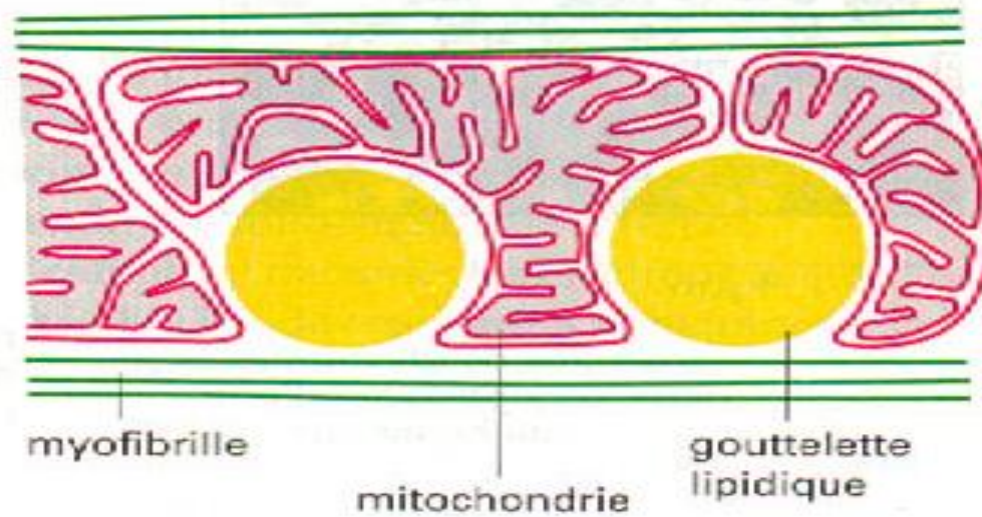
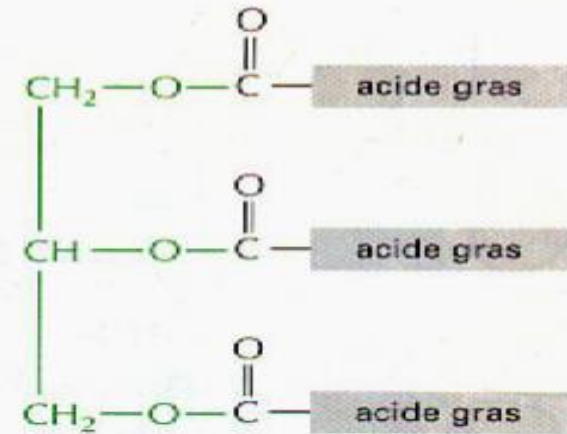
Transporteurs d'électrons énergétiques

AcétylCoA : central en aérobiose

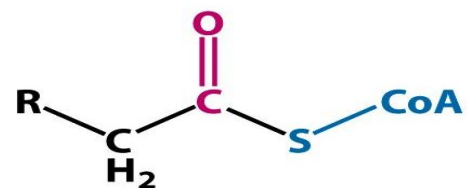
- L'acétylCoA substrat du cycle de l'acide citrique qui ne fonctionne qu'en présence d'O₂



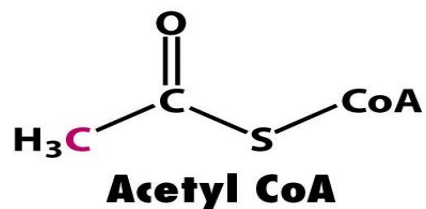
Les lipides : source de carbone réduit



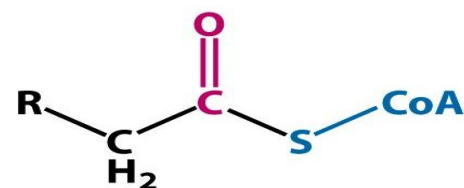
La beta-oxydation des acides gras



AcylCoA (2n-2)
Raccourcit de 2C



Vers cycle acide citrique



Acyl CoA (2n)

NAD⁺

FAD⁺

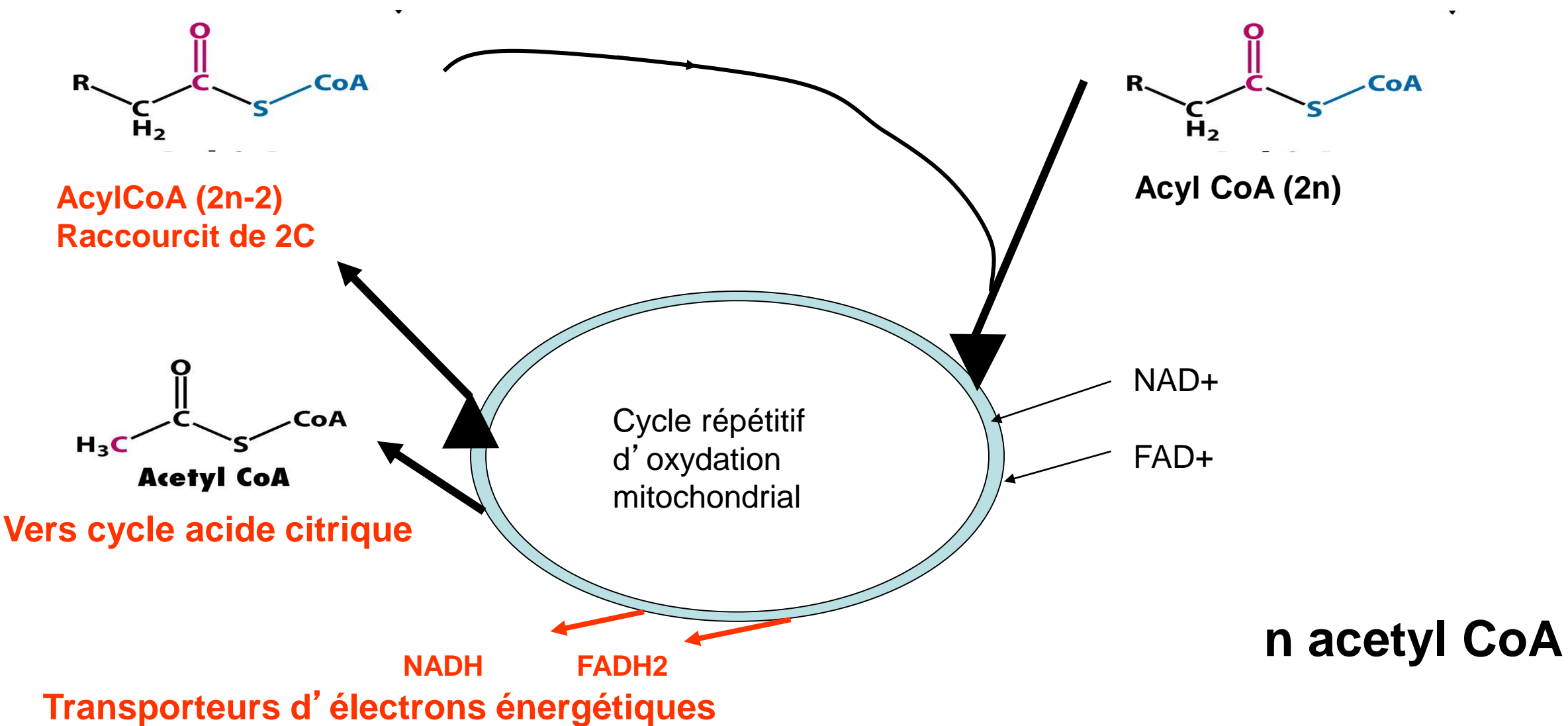
Cycle répétitif
d'oxydation
mitochondrial

NADH

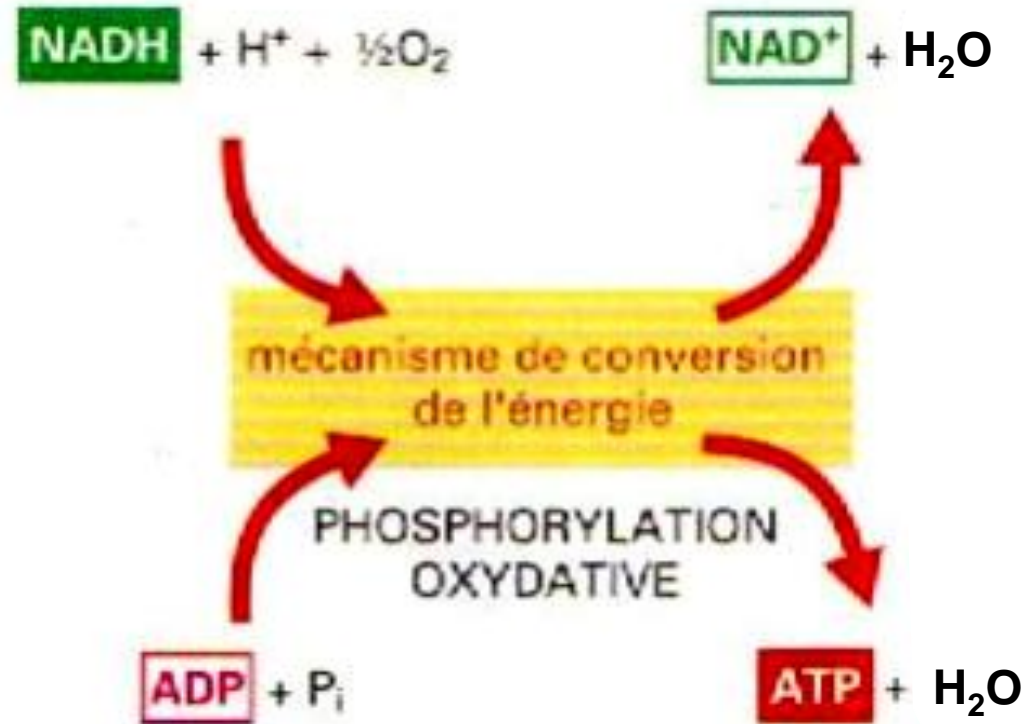
FADH₂

Transporteurs d'électrons énergétiques

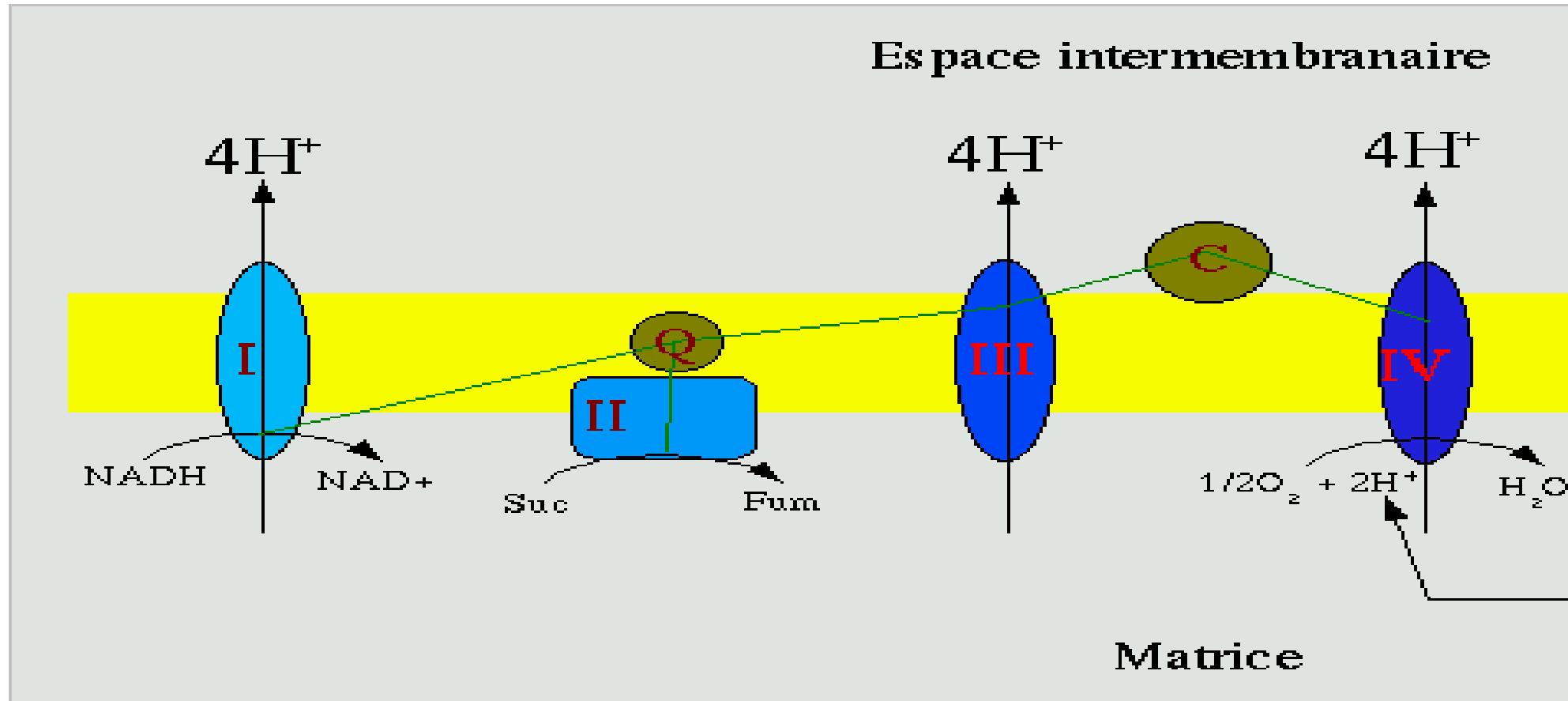
n acetyl CoA



Phosphorylation oxydative



L'oxydation totale du NADH, par le dioxygène, se fait dans les complexes de la chaîne respiratoire



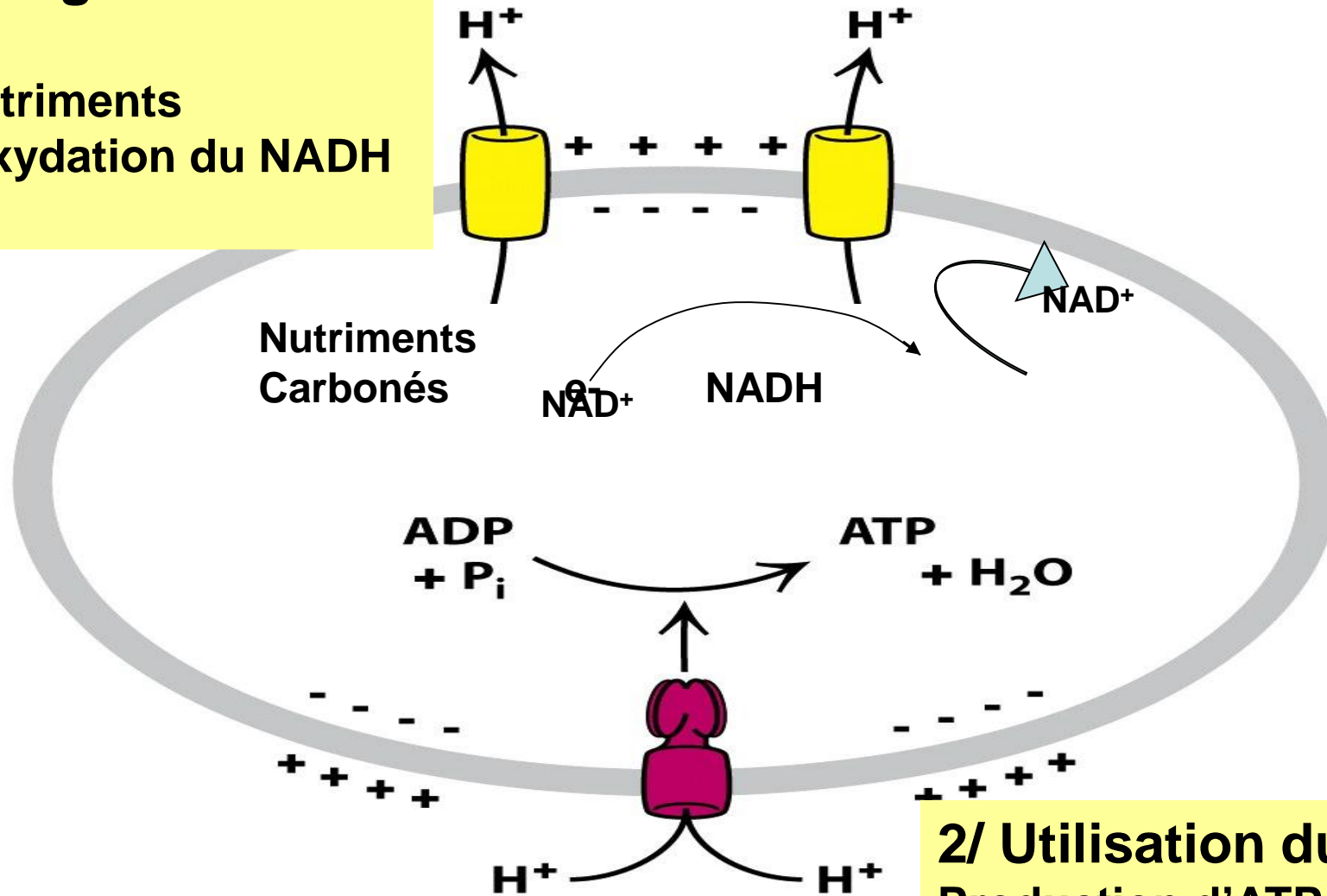
Théorie chimioosmotique (Mitchell)

1/ Création d'un gradient de protons

Oxydation des nutriments

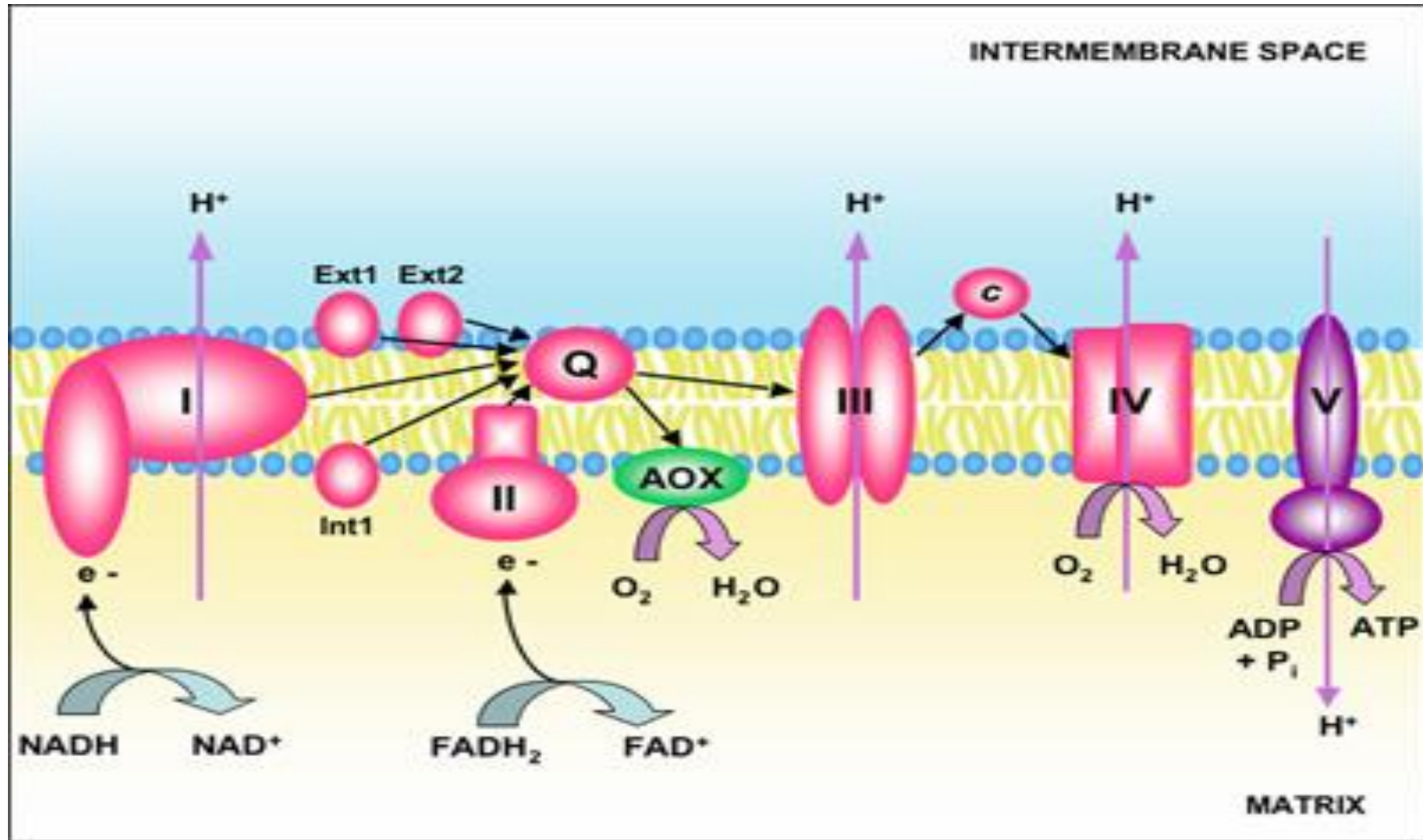
Carbonés, puis oxydation du NADH

NAD^+ = régénéré



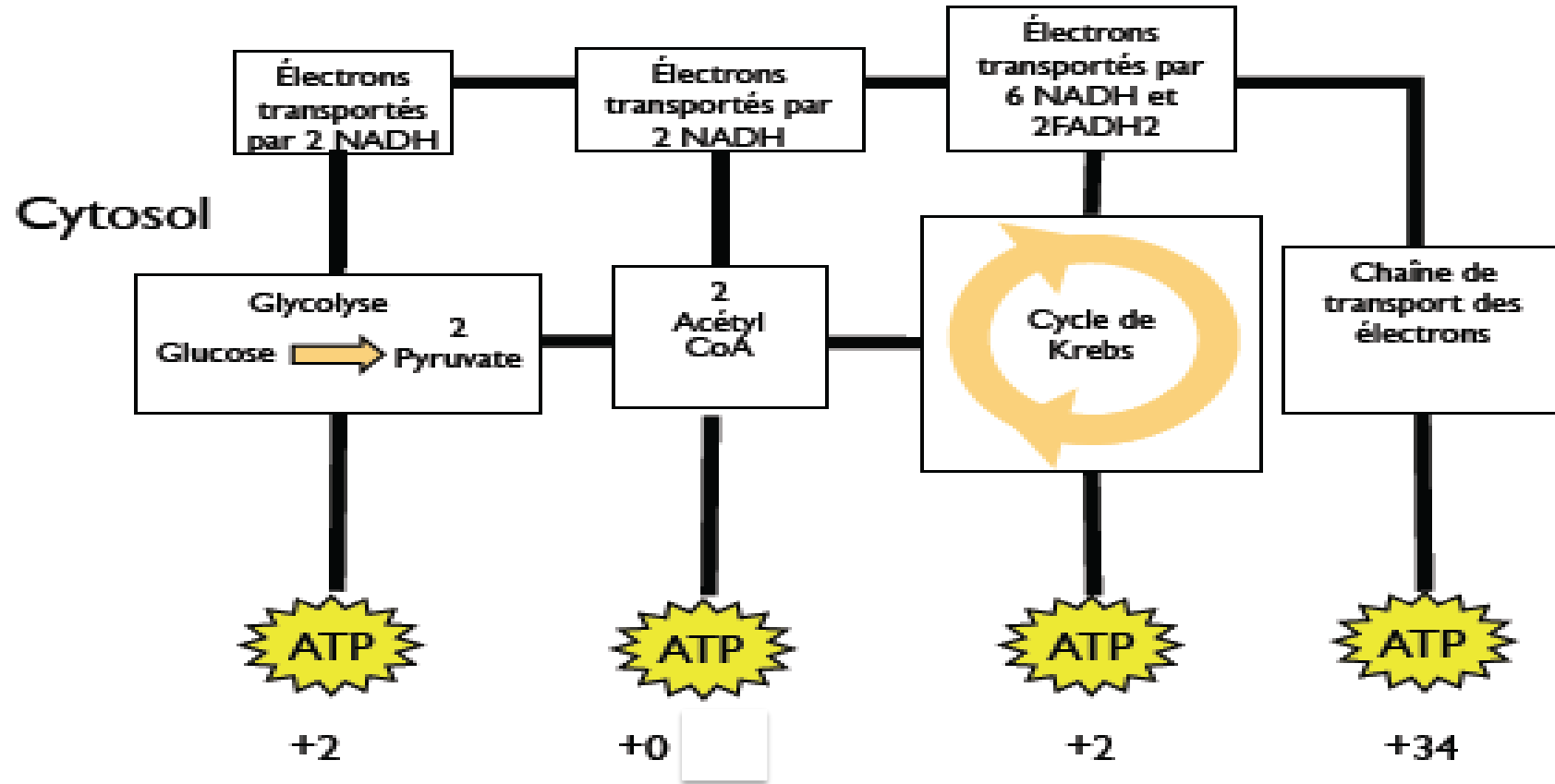
2/ Utilisation du gradient Production d'ATP

Synthèse d'ATP par le gradient de protons



Théorie Chimioosmotique de Mitchell

Bilan de la production d' ATP pour un glucose



Rendement énergétique : Fermentation : 2,5 %

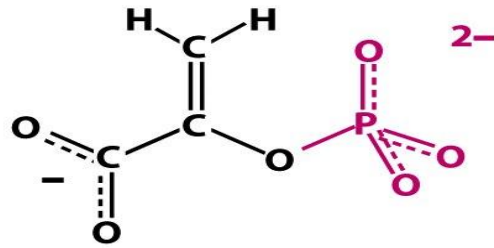
Respiration : 45%

1 mol Glucose
2871 kJ

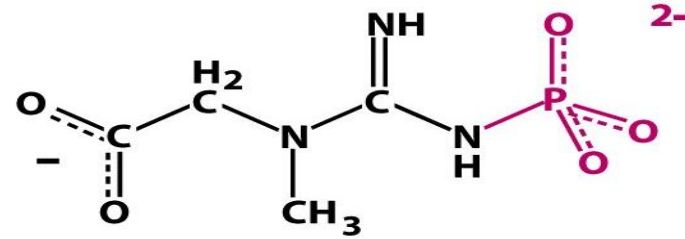
2 mol ATP
71 kJ

38 mol ATP
1159 kJ

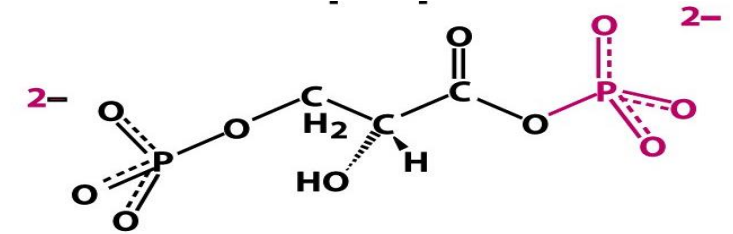
Les transporteurs activés de groupe phosphoryle



Phosphoenolpyruvate (PEP)



Creatine phosphate



1,3-Bisphosphoglycerate (1,3-BPG)

TABLE 15.1 Energie libre standard d'hydrolyse des composés phosphorylés / related compounds

Compound	kJ mol^{-1}	kcal mol^{-1}
Phosphoenolpyruvate	−61.9	−14.8
1,3-Bisphosphoglycerate	−49.4	−11.8
Creatine phosphate	−43.1	−10.3
ATP (to ADP)	−30.5	−7.3
Glucose 1-phosphate	−20.9	−5.0
Pyrophosphate	−19.3	−4.6
Glucose 6-phosphate	−13.8	−3.3
Glycerol 3-phosphate	−9.2	−2.2

Les transporteurs activés dérivent des vitamines solubles et sont communs à tous les êtres vivants.

Transporteur sous forme activée	Groupe	Vitamine précurseur
ATP	Phosphoryl	
NADH and NADPH	Electrons	Nicotinate (niacin)
FADH ₂	Electrons	Riboflavin (vitamin B ₂)
FMNH ₂	Electrons	Riboflavin (vitamin B ₂)
Coenzyme A	Acyl	Pantothenate
Lipoamide	Acyl	
Thiamine pyrophosphate	Aldehyde	Thiamine (vitamin B ₁)
Biotin	CO ₂	Biotin
Tetrahydrofolate	One-carbon units	Folate
S-Adenosylmethionine	Methyl	
Uridine diphosphate glucose	Glucose	
Cytidine diphosphate diacylglycerol	Phosphatidate	
Nucleoside triphosphates	Nucleotides	

Messages essentiels du cours

- Le rôle central de la glycolyse tant en aérobiose qu'en anaérobiose (fermentation lactique)
- Convergence vers l'AcCoA en aérobiose pour alimenter le cycle de l'acide citrique
- Oxydation complète uniquement en aérobiose par le cycle de l'acide citrique
- La phosphorylation oxydative est expliquée par la théorie chimioosmotique de Mitchel
- La chaîne respiratoire permet la réduction de l'O₂ en H₂O et crée un gradient de proton
- Cette force des protons permet la synthèse d'ATP

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Grenoble Alpes (UGA), et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.