

Biochimie métabolique

(animale, végétale et microbienne)

Mr OUCHEMOUKH Salim

Email : salimouchemoukh@yahoo.fr

Les atomes les plus répandus dans les molécules biologiques sont par ordre décroissant : **H, O, C, N, P** et **S**.

Une **molécule** est constituée au minimum de 2 atomes liés par une liaison covalente.

Cation : atome ayant perdu un électron.

Anion : atome ayant gagné un électron.

Dalton = masse d'un atome d'hydrogène = $1,66 * 10^{-24}$ g.

H₂O : 18 g/mole

Une mole de H : existence de $6,022 * 10^{23}$ de H.

Une mole de H pèse 1 g.

La **liaison hydrogène** joue un rôle essentiel dans la structure des molécules biologiques (ADN, structures secondaire et tertiaire des protéines...).

Toutes les **protéines allostériques** possèdent une **structure quaternaire** qui est constituée au minimum de 2 sous-unités.

$6,022 \cdot 10^{23}$ de H $\xrightarrow{\text{pèse}}$ 1g

$6,022 \cdot 10^{23}$ de O $\xrightarrow{\text{pèse}}$ 16g.

Dalton = masse d'un atome d'H $\left(\frac{1}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \right)$.

* Métabolisme = Anabolisme + Catabolisme.

* Acétyl CoA : molécule à 2 carbone qui se forme lors de la dégradation des glucides, lipides et protéines.

* Acétyl-CoA $\xrightarrow{\text{alimentaire}}$ le cycle de Krebs

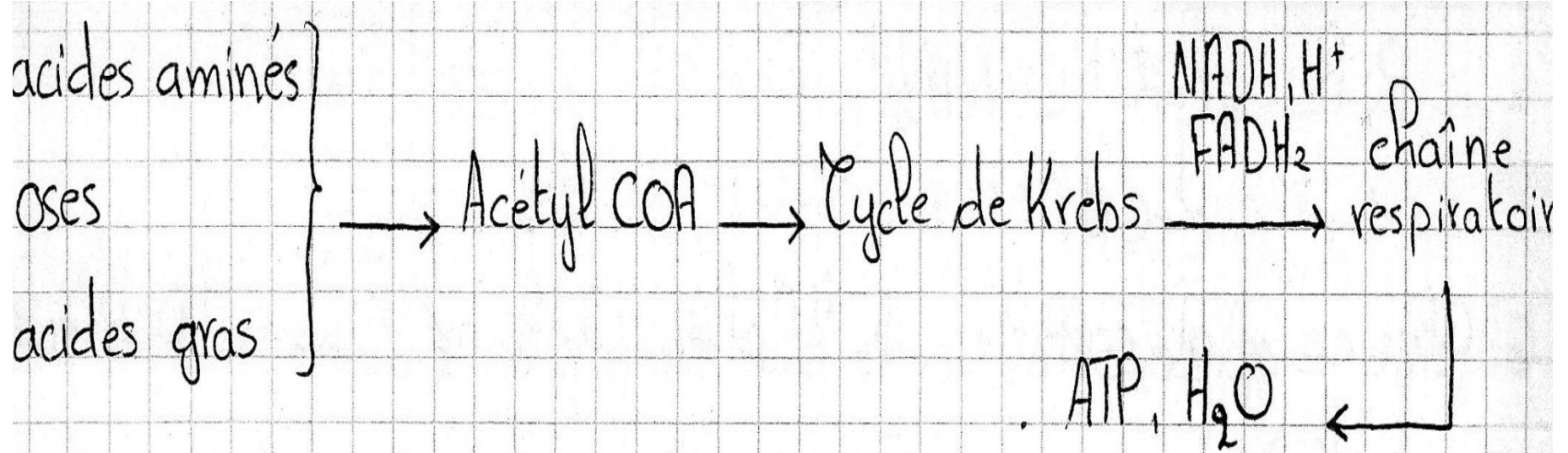
* Catabolisme $\rightarrow$ ATP
chaleur

* $ATP = ADP \sim P_i$ $1 \text{ KCa} \longrightarrow 4,184 \text{ KJ}$
 $\downarrow$
 $7,3 \text{ KCa}$

$$* P_i = H_3 PO_4$$

Vitamines
cholestérol
Sels minéraux

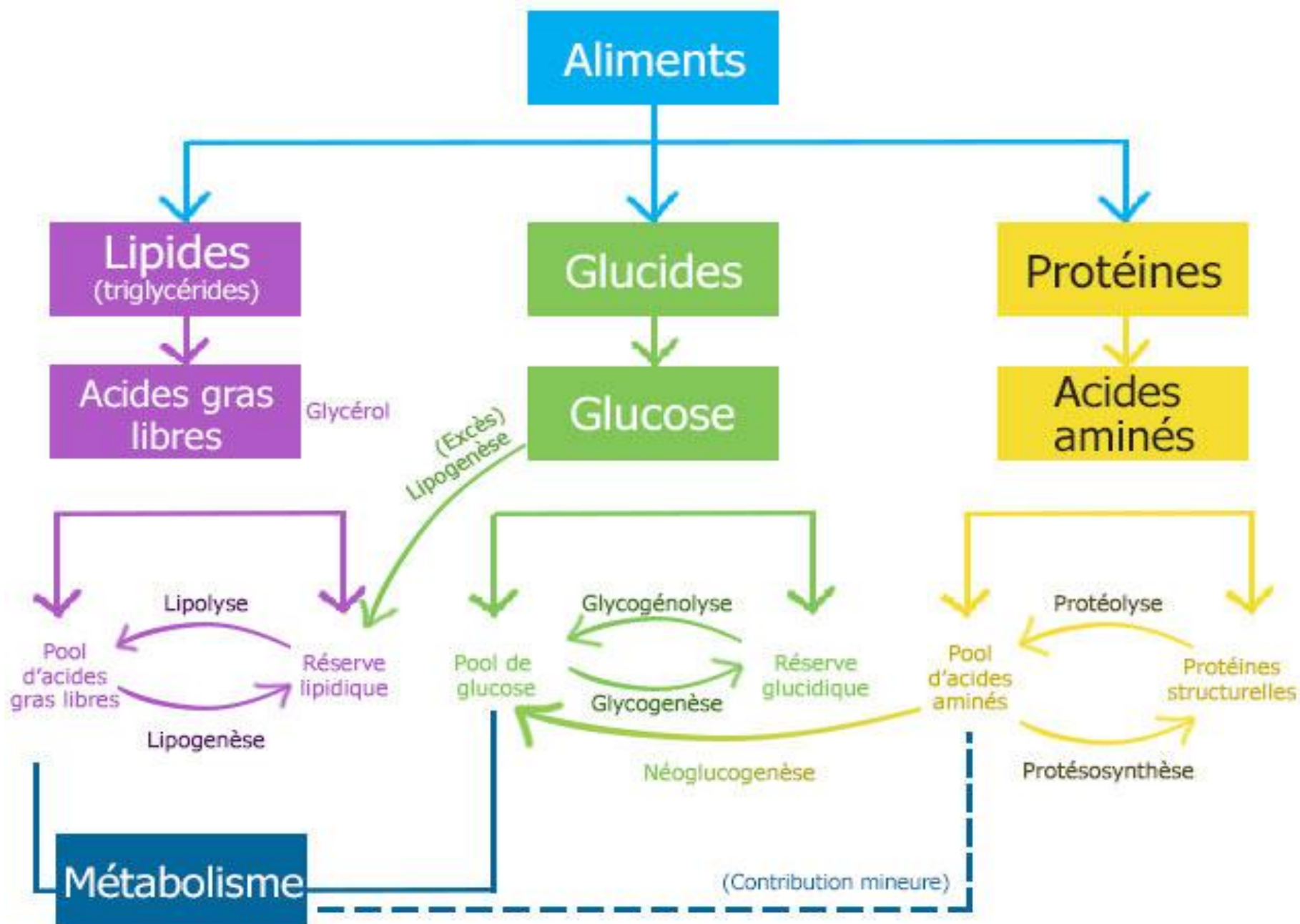
} catabolisme → ≠ ATP.

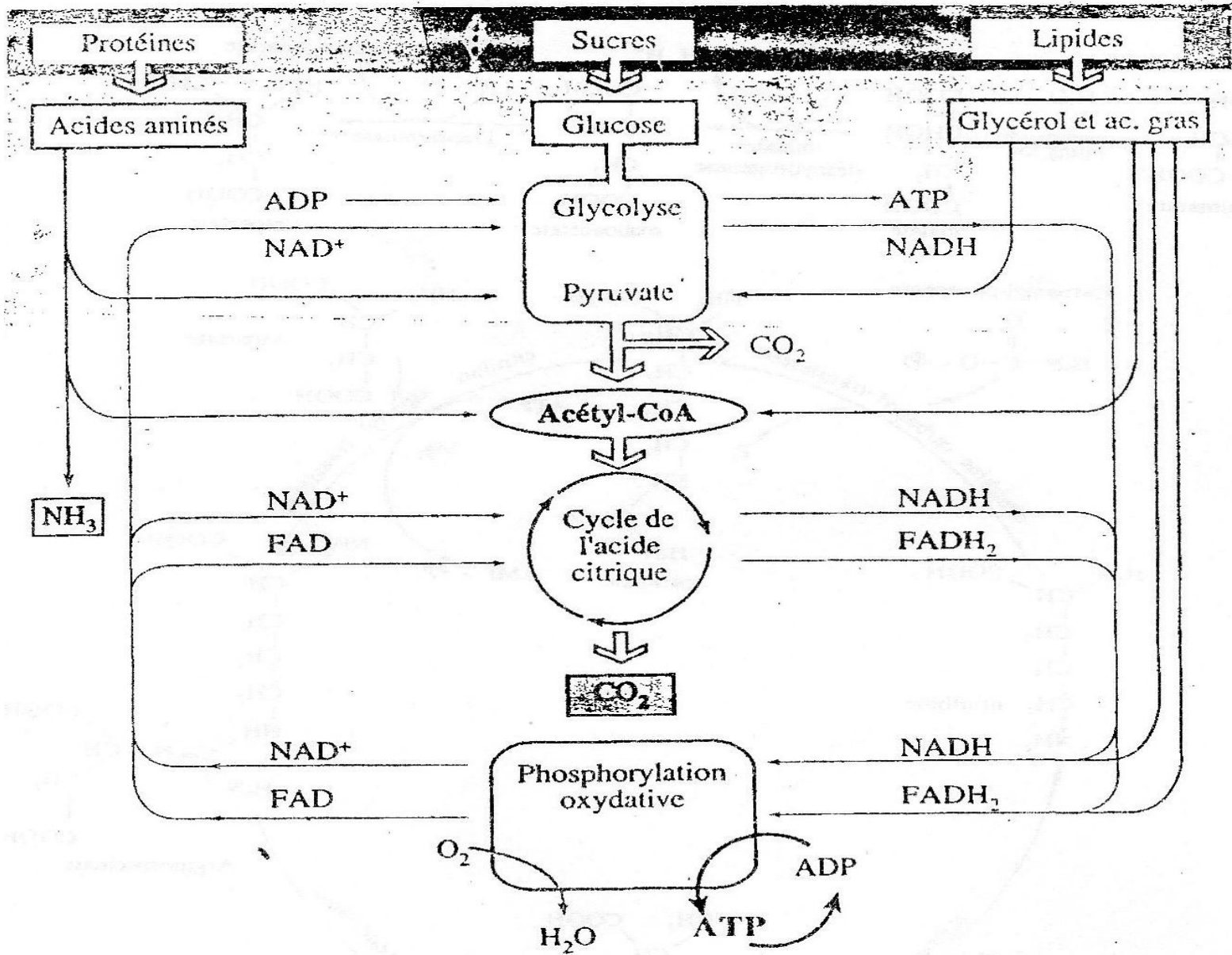


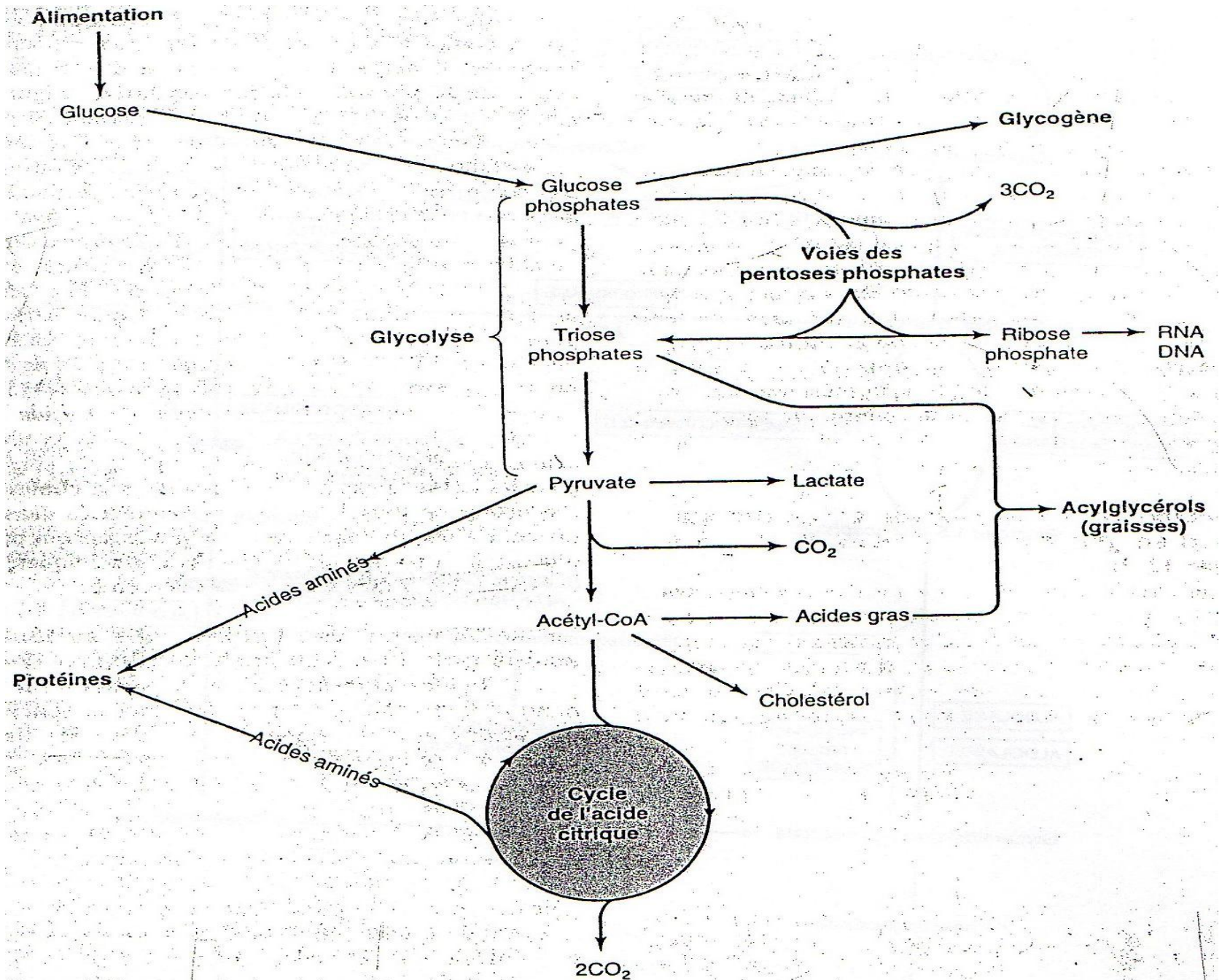
ATP = énergie utilisable par la ϕ

Aliments. $\exists$, énergie emmagasinées.

Respiration cellulaire : Transformation d'une énergie stockée en une énergie utilisable par la ϕ .







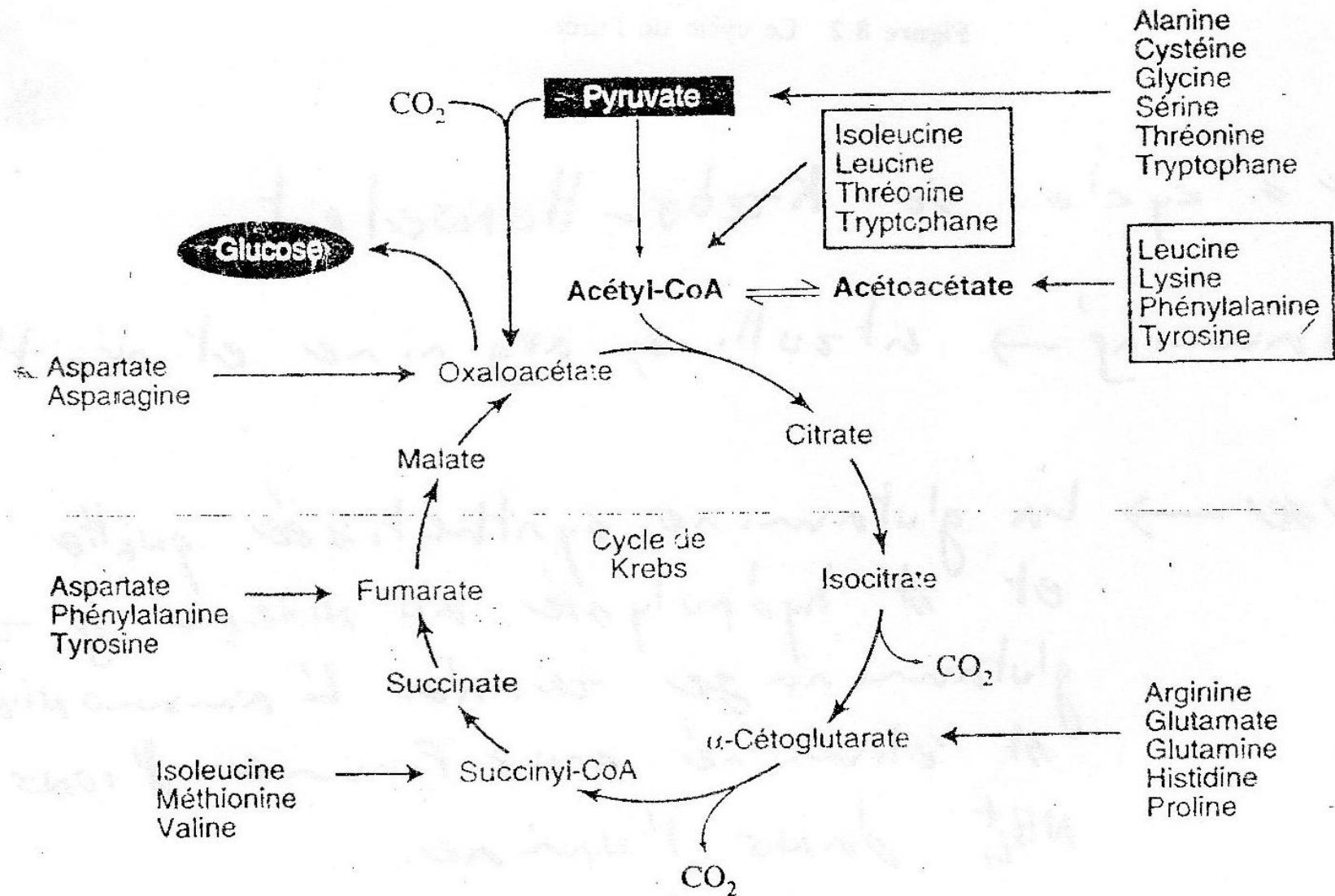
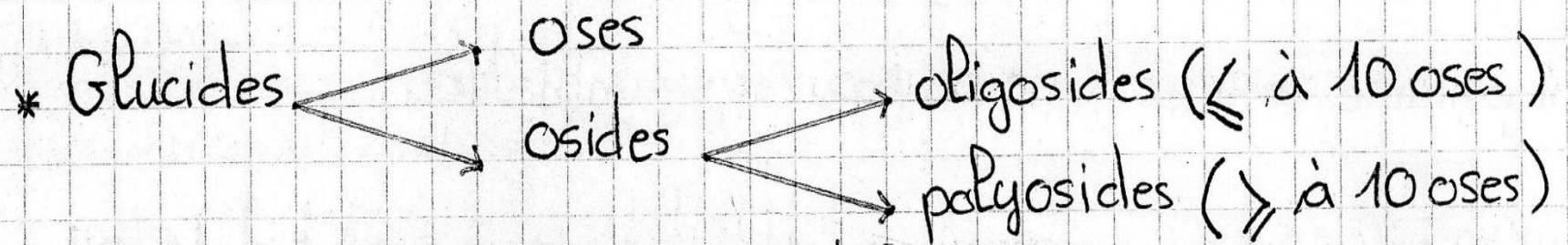


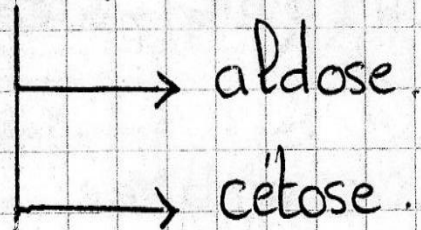
Figure 18.6

Acides aminés glucogéniques et céto-géniques (ces derniers sont encadrés)

Métabolisme des glucides



* ose (OH, OH Fonction aldéhydrique ou cétonique).

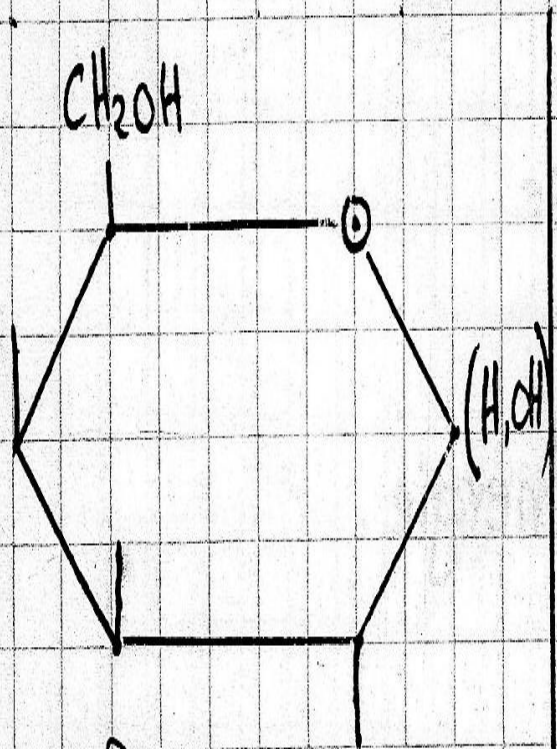


* liaison osidique (1-... ; 2-...)

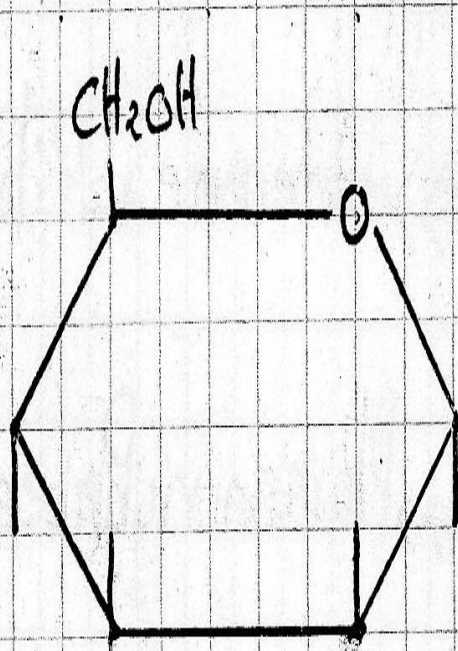
↓ E
Débute par le carbone anomérique.

* Carbone anomère : porte la fonction hémicétyalique.

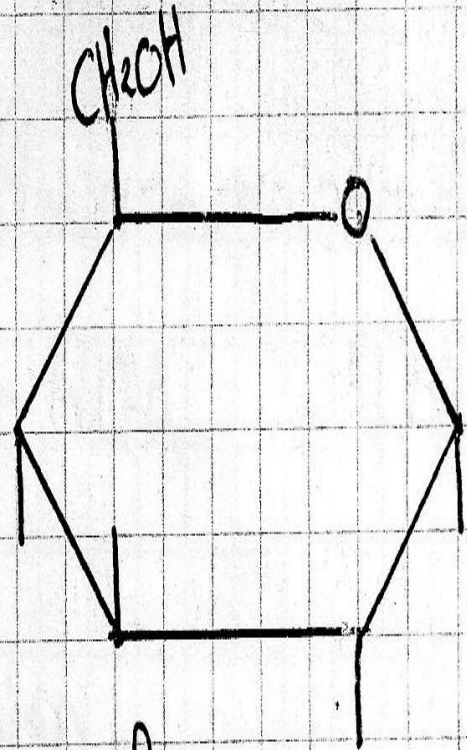
↓
responsable des mutarotation (α ou β).



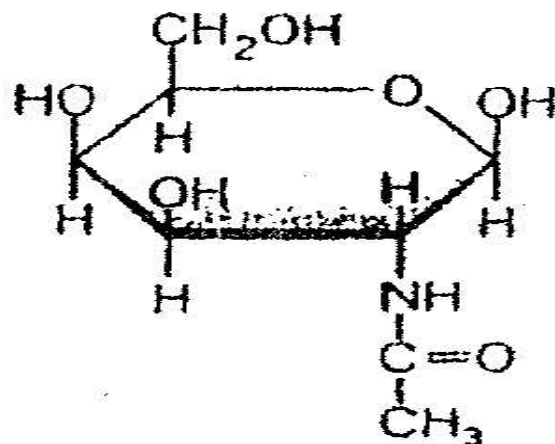
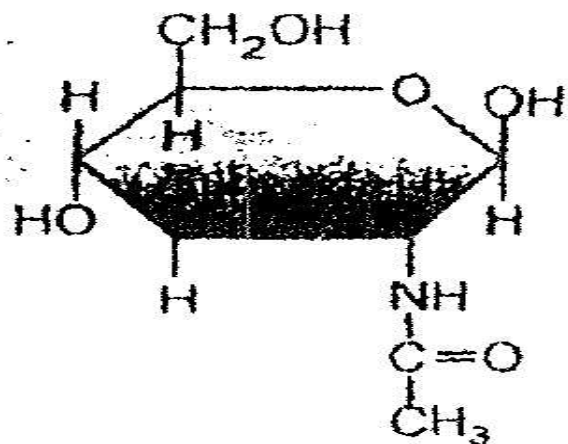
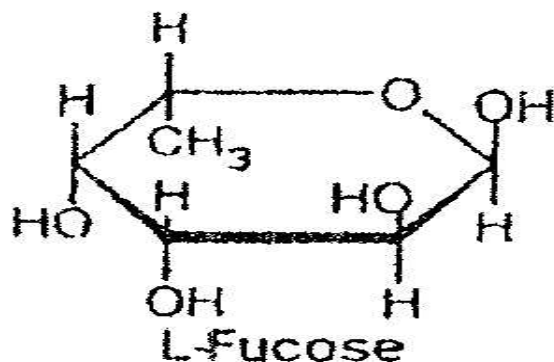
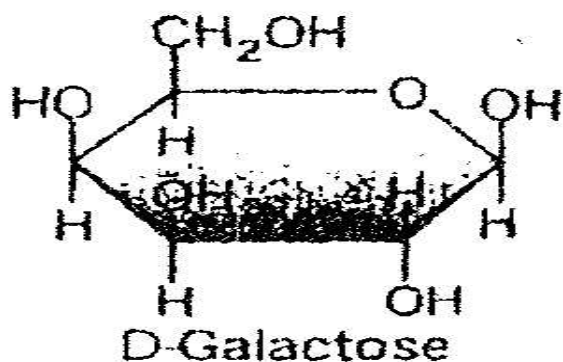
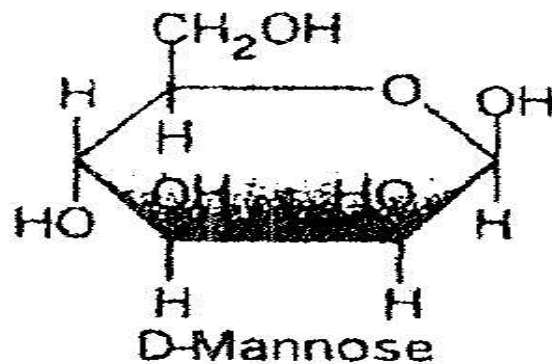
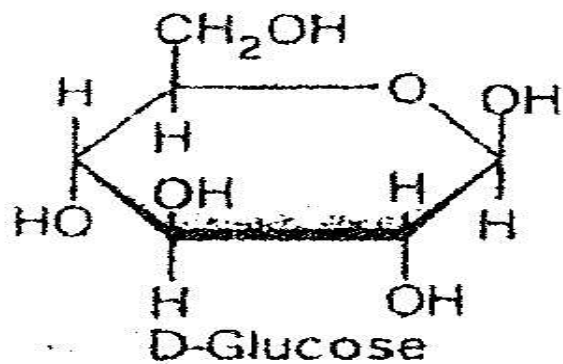
galactopyranose

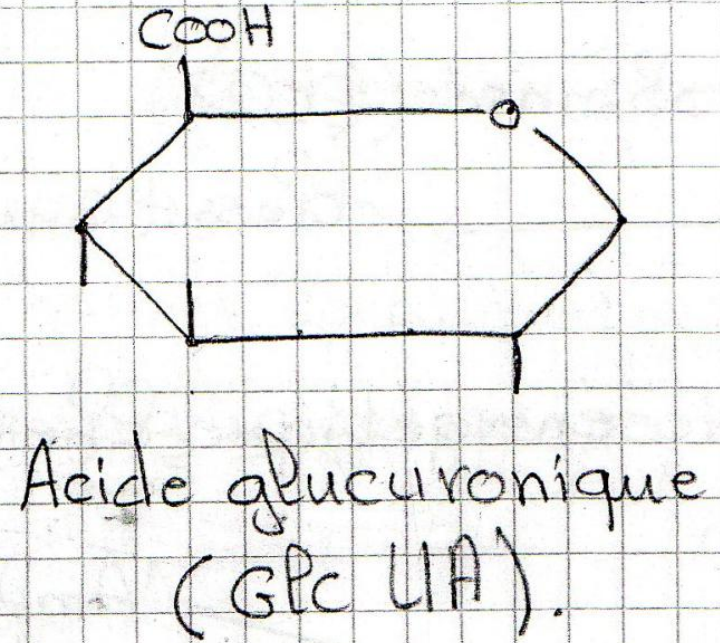
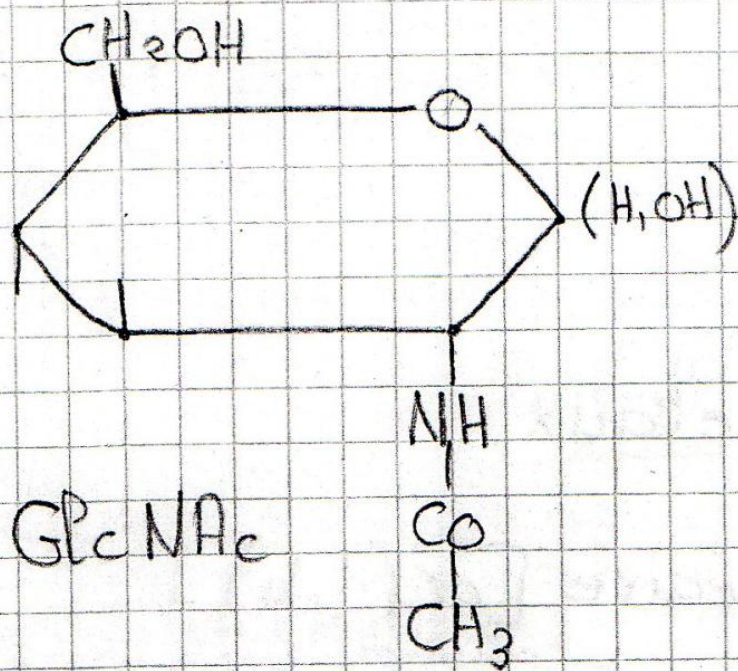


α -mannopyranose



α -glucopyranose





GlcNAc = N acétylglucosamine

GalNAc = N acétylgalactosamine

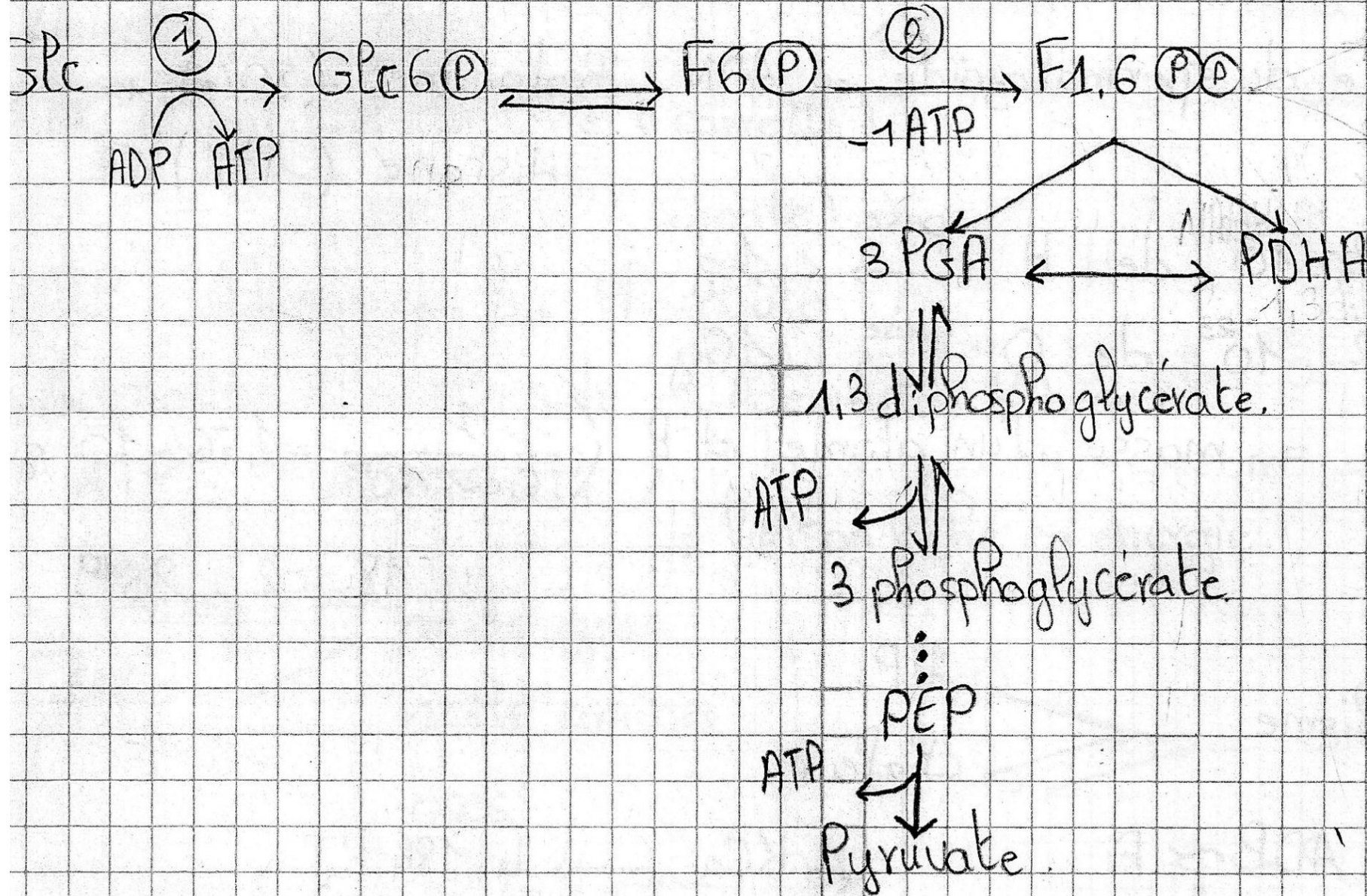
GlcUA = Glucuronate

Glycolyse :

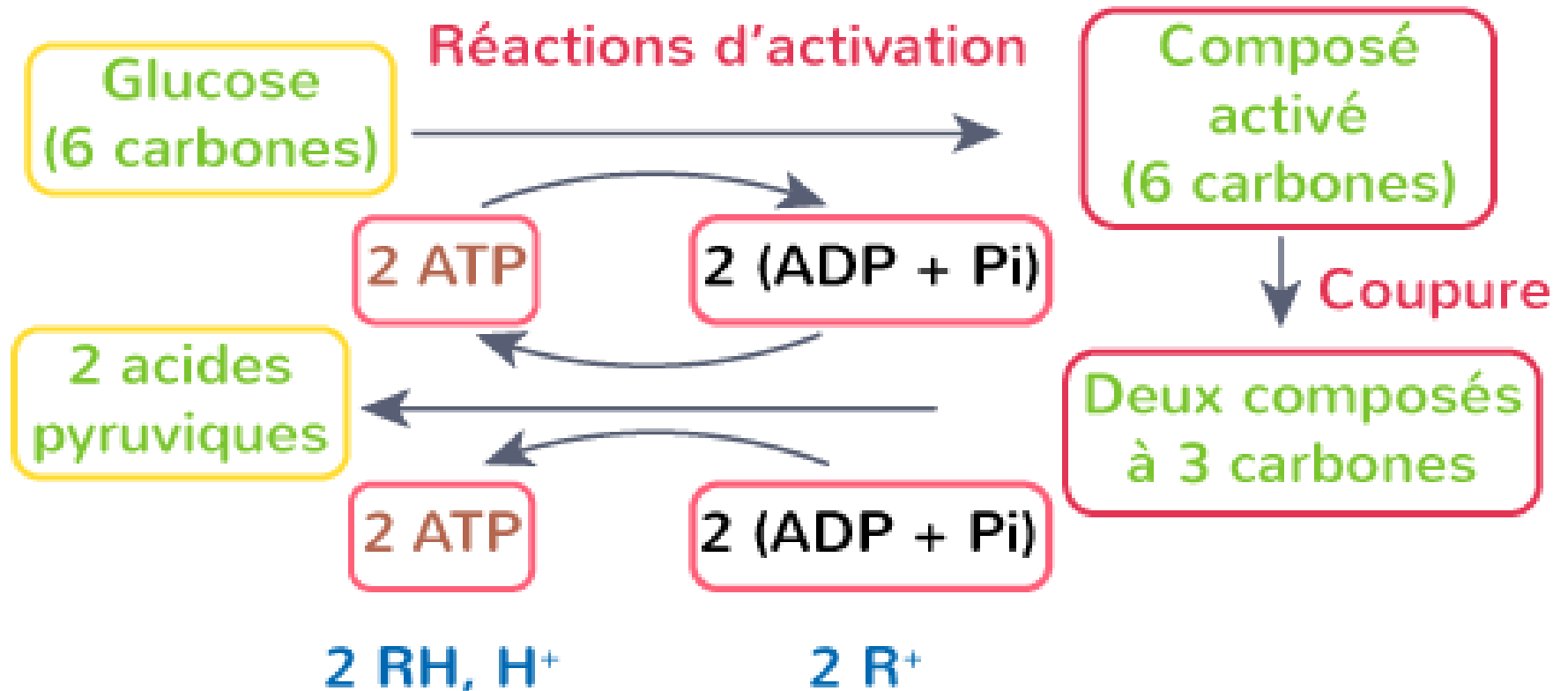
La glycolyse est la voie principale de catabolisme du Glc (glucose) et les autres oses (galactose, fructose, mannose) chez tous les êtres vivants.

* Glycolyse = Voie d'Embden - Meyerhof - Parnas

↳ EMP path way.



La glycolyse



Oxydations et récupération d'énergie

* La Glycolyse :

- 10 réactions enzymatiques dont 3 sont irréversibles.

- Lieu : cytoplasme.

- $2 (3 \text{ PGA}) \longrightarrow 4 \text{ ATP}$

- $4 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP}$

① $\rightarrow$ s'appelle Hexokinase : elle agit avec une $[\text{Glc}] \searrow \searrow \searrow$

$\Rightarrow$ grande affinité.

* Glucokinase (Hépatocytes) : $[\text{Glc}] \nearrow \nearrow \Rightarrow$ faible affinité

* Glucokinase impliqué $\rightarrow$ glycogénèse (synthèse du glycogène)

Les kinases nécessitent du Magnésium pour qu'elles puissent fonctionner. Une kinase (EC 2) est une enzyme qui ajoute un acide phosphorique.

PFK = Phosphofructokinase

② → phosphofructokinase.

* La phosphofructokinase est une enzyme allostérique. Elle régule la glycolyse.

* + (activée) AMP, ADP

* - (inhibée) ATP, citrate.

* Enzyme allostérique

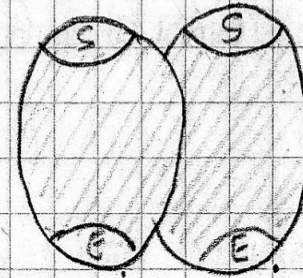
site de fixation de substrat
site de fixation de l'effecteur.

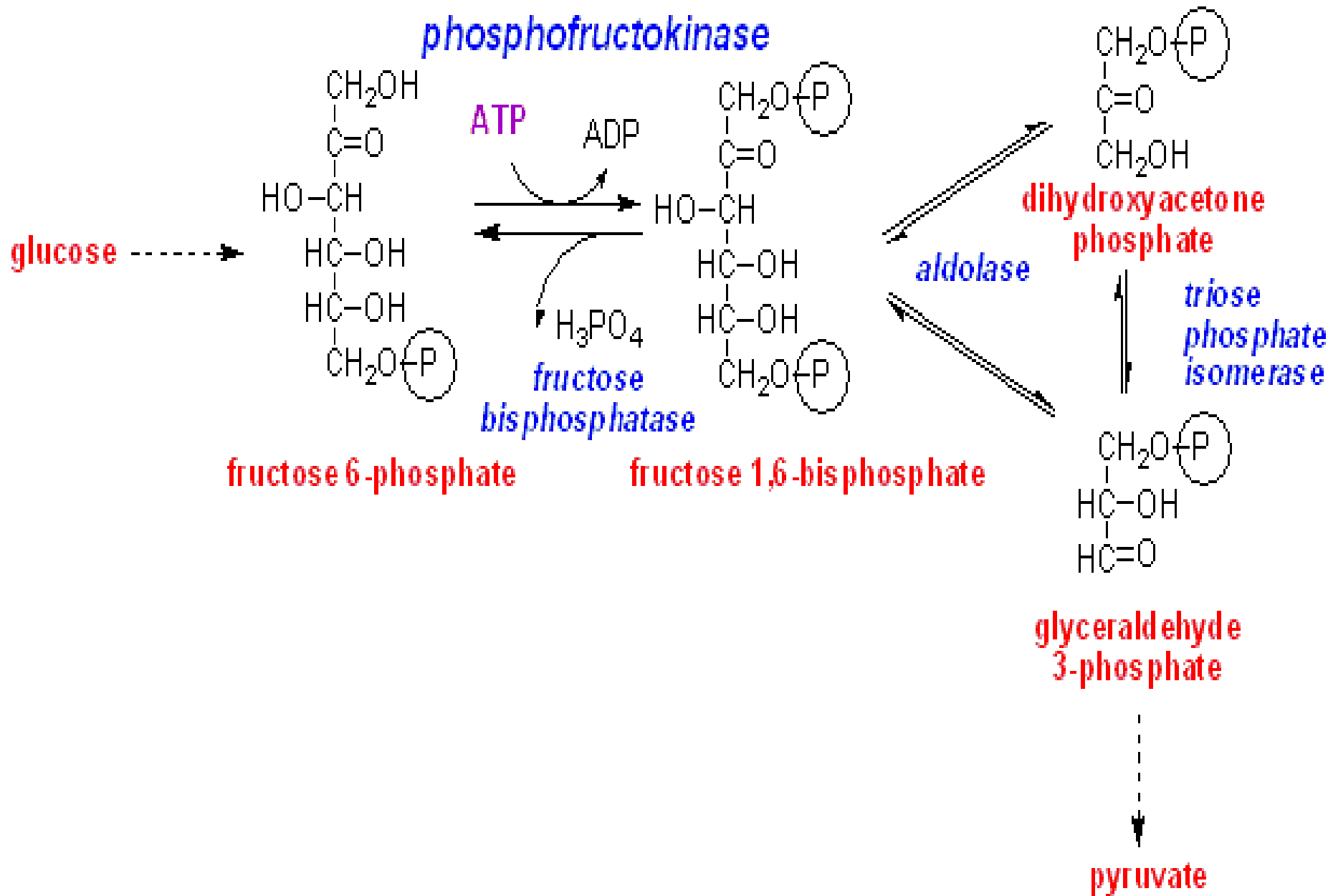
- minimum 2 sous unités.

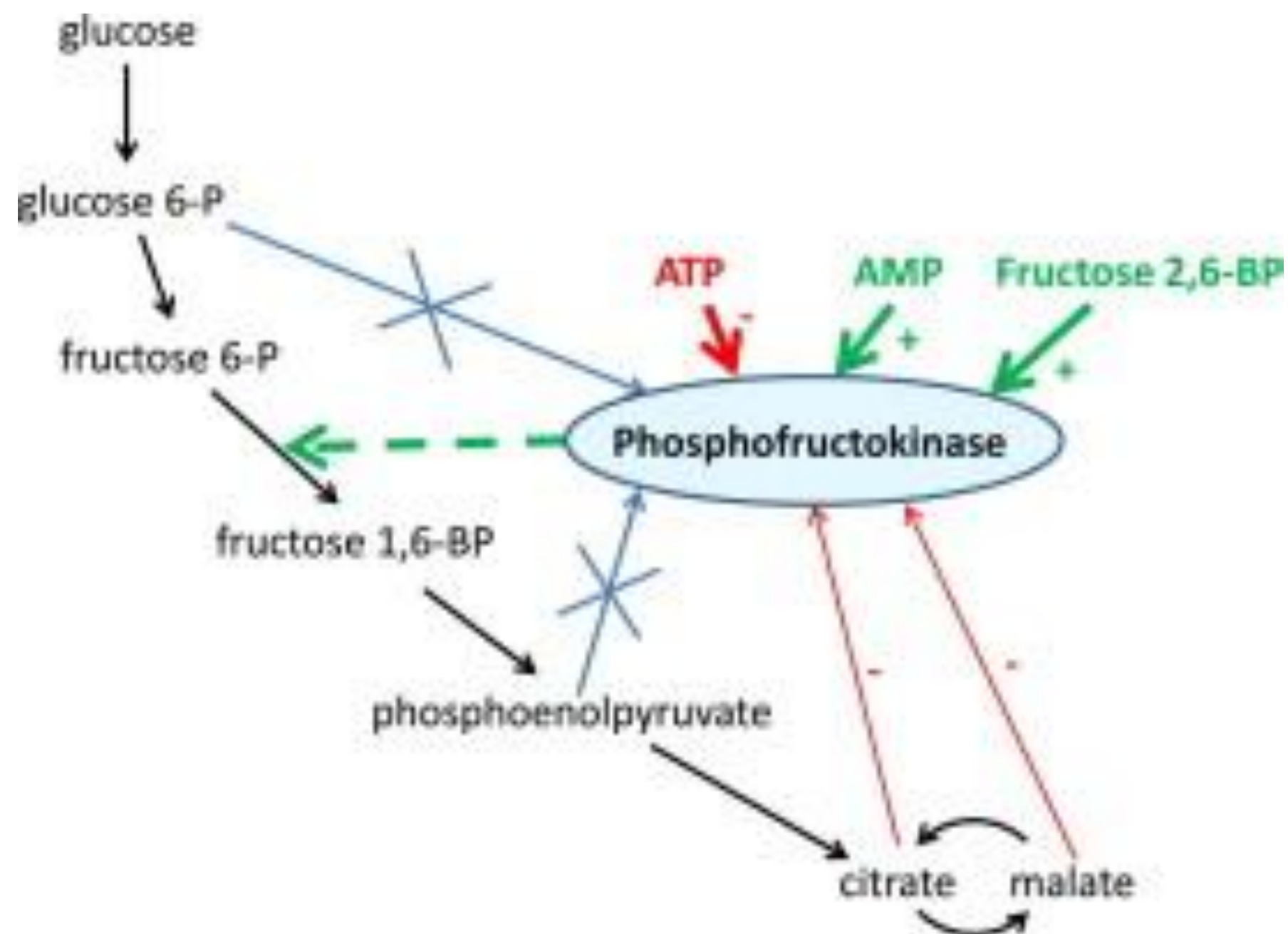
E = effecteur

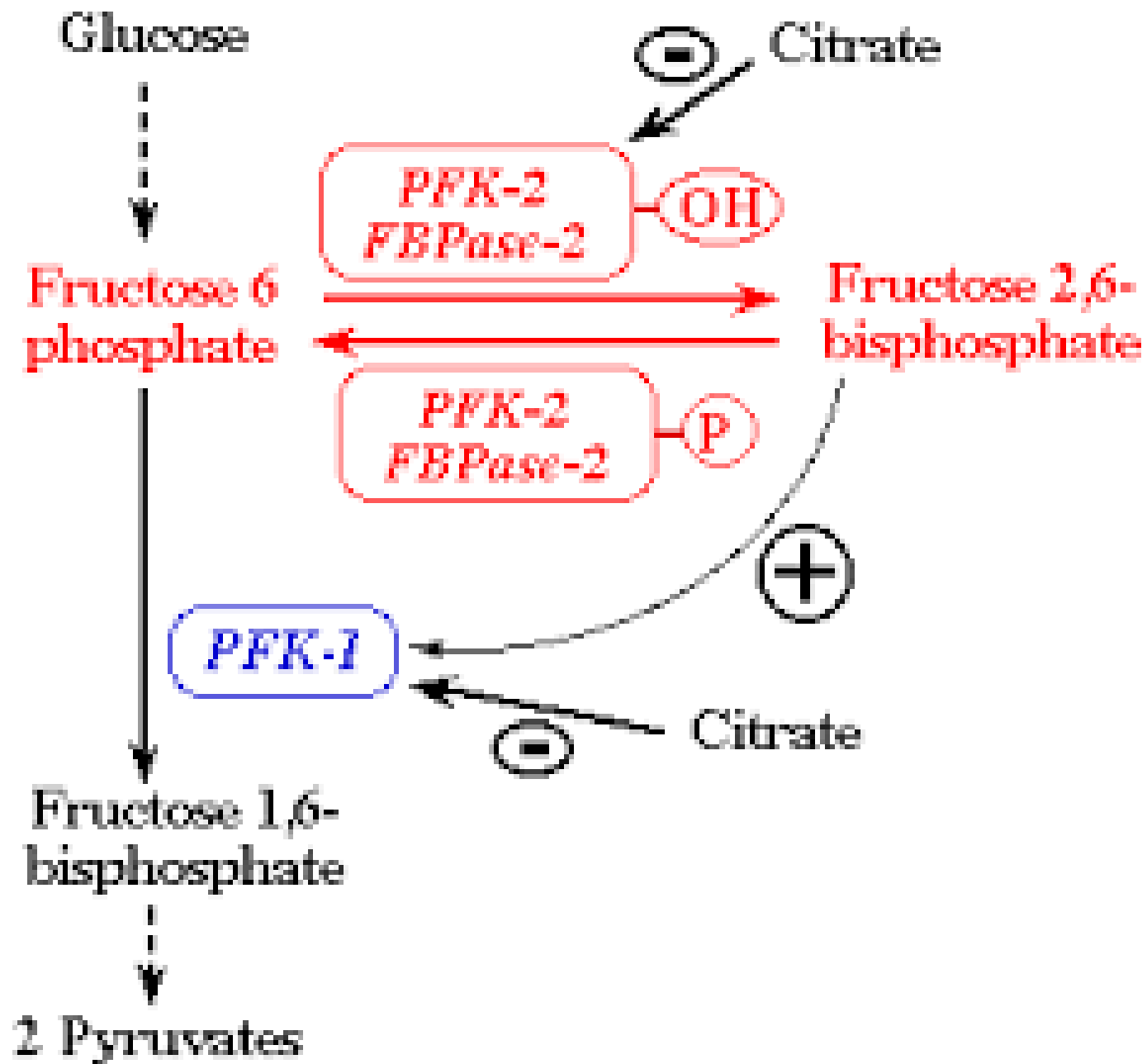
S = substrat

- régulatrice de voie métabolique.









Glycolyse (anaérobique)

Glucose

2 ATP

Acide pyruvique

Oxygène
présent ?

Fermentation (anaérobique)

Pas d'oxygène

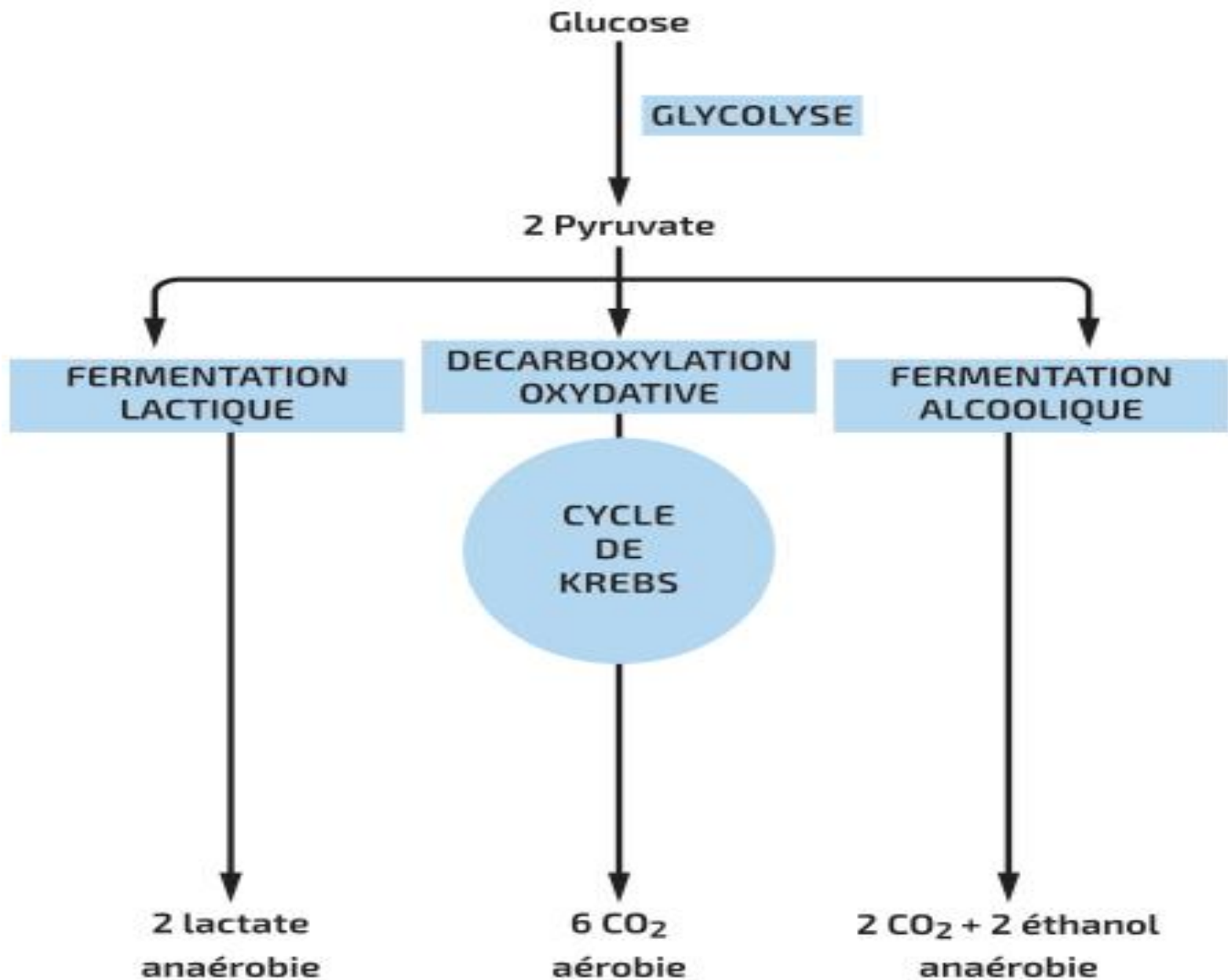
acide lactique
(animaux) éthanol
(levure)

Cycle de Krebs

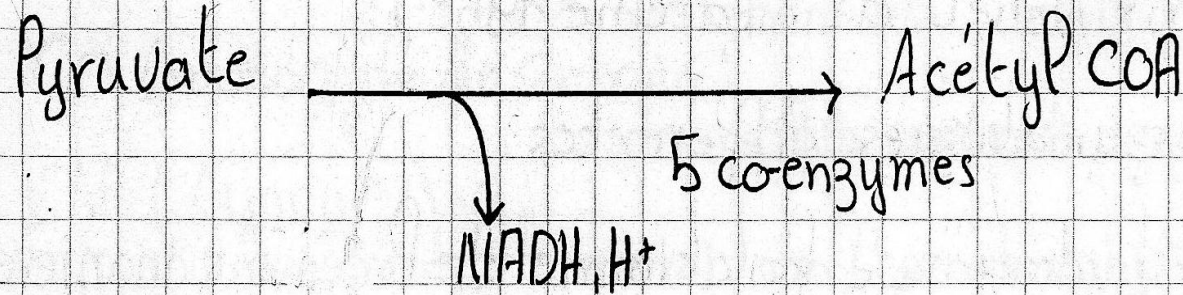
Phosphorylation
oxidative

36 ATP

Respiration aérobique



* $\exists \text{O}_2$: Pyruvate $\xrightarrow{\text{mitochondrie}}$ Acétyl CoA.



* 5 co-enzymes $\begin{cases} \text{NAD}^+, \text{CoASH (co-substrat)} \\ \text{TPP, FAD, Acide lipoïque (groupement prosthé} \end{cases}$

TPP = Thiamine pyrophosphat

* Co-facteur $\begin{cases} \text{ion métallique} \\ \text{coenzyme.} \end{cases}$

Les coenzymes $\xrightarrow{\text{dérivent}}$ Vitamine B
 $\xleftarrow{\text{précurseurs}}$

L'acétyl CoA $\xrightarrow{\text{alimentaire}}$ cycle de Krebs.

Acétyl CoA + oxaloacétate (AOA) $\longrightarrow$ Citrate $\Rightarrow$ premier produit

* Bactérie $\longrightarrow$ $\nexists$ de mitochondrie

$\downarrow$
 $\longrightarrow$ membrane cytoplasmique (chaîne respiratoire + cycle de Krebs)

* L' O_2 est l'accepteur final des électrons dans la chaîne respiratoire

* La chaîne respiratoire $\longrightarrow$ $\begin{cases} [H_2O] \uparrow \\ H_2O_2 \text{ (eau oxygénée)} \end{cases}$

* H_2O_2 $\longrightarrow$ nocif

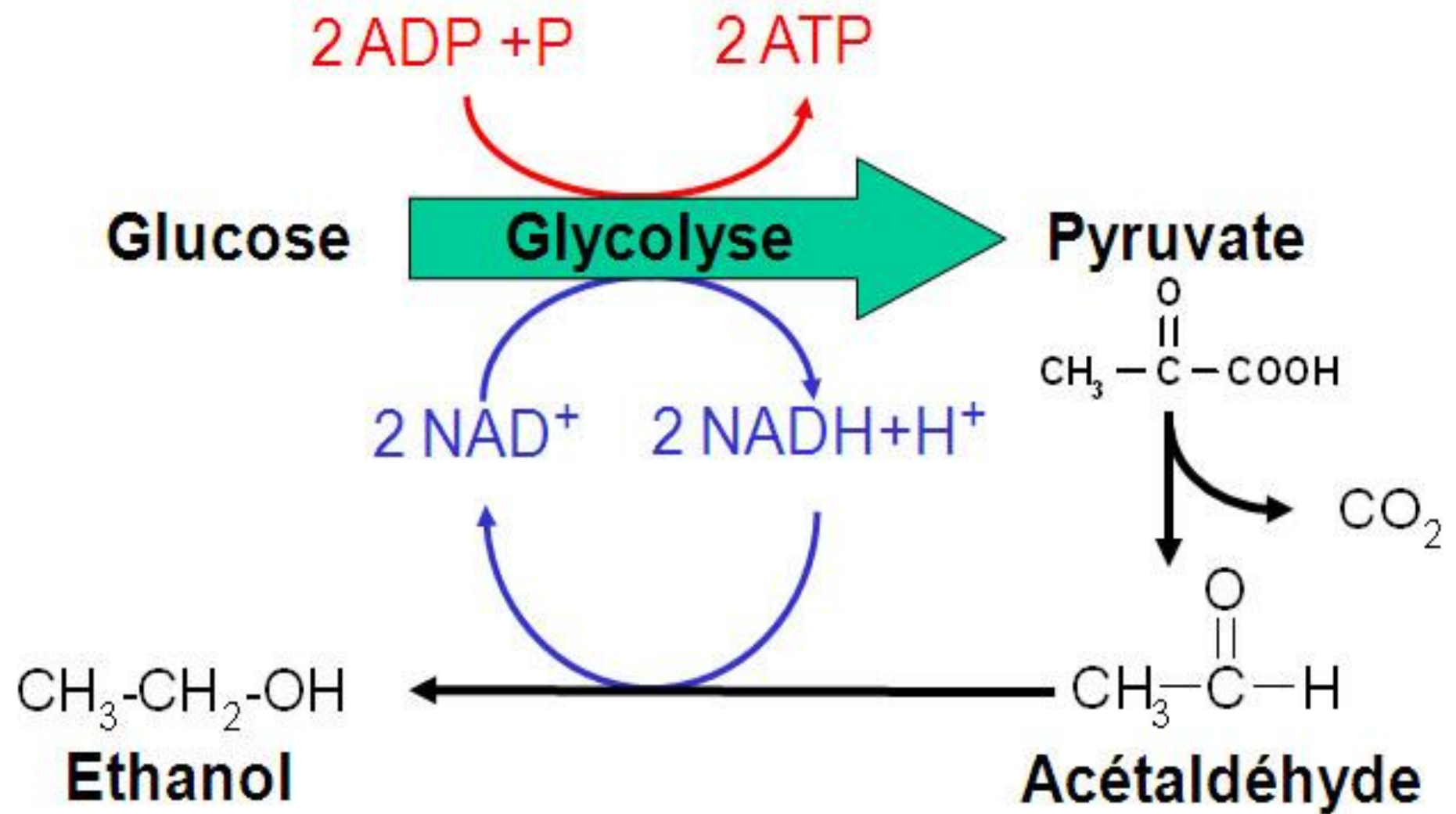
$\downarrow$
 $\longrightarrow$ $\exists$ d'enzyme de dégradation (catalase, peroxydase).

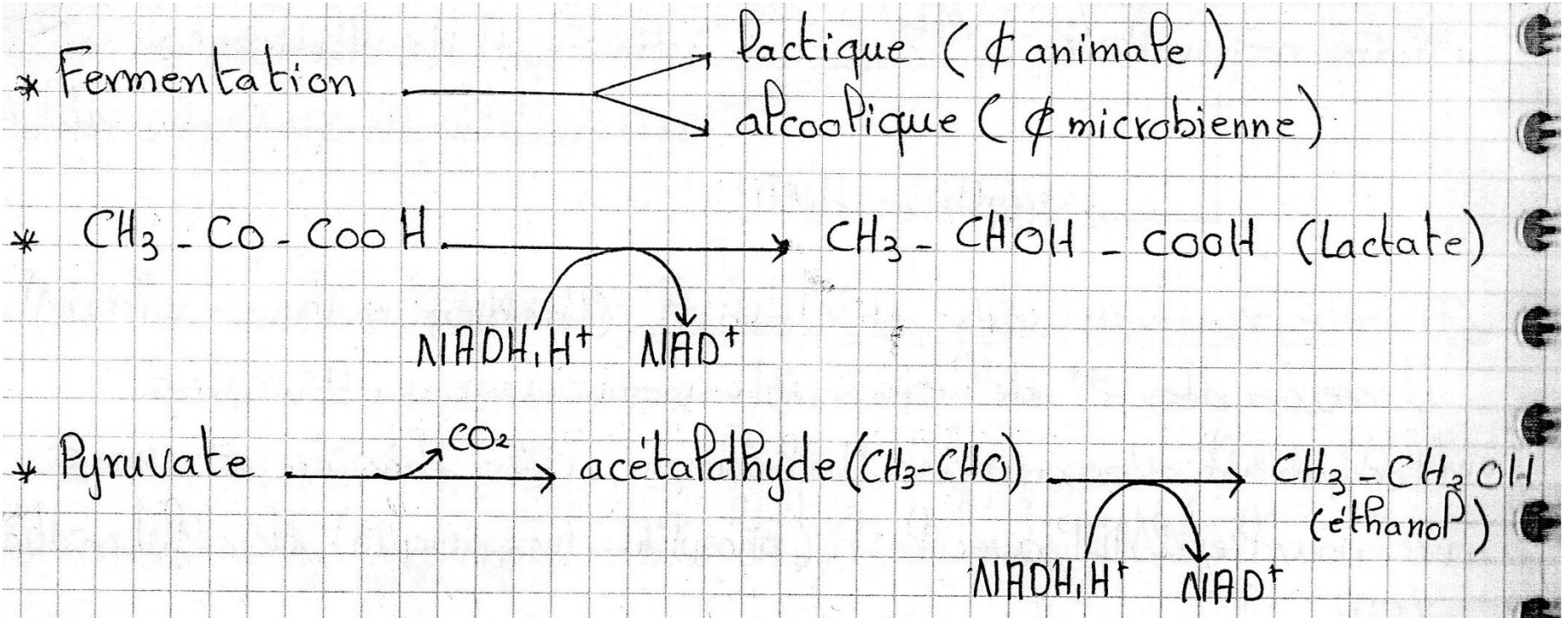
* CO (monoxyde de carbone) } accepteur des $e^- \Rightarrow$ mort subite.
 CN (Cyanure) }

* $\nexists$ d' O_2

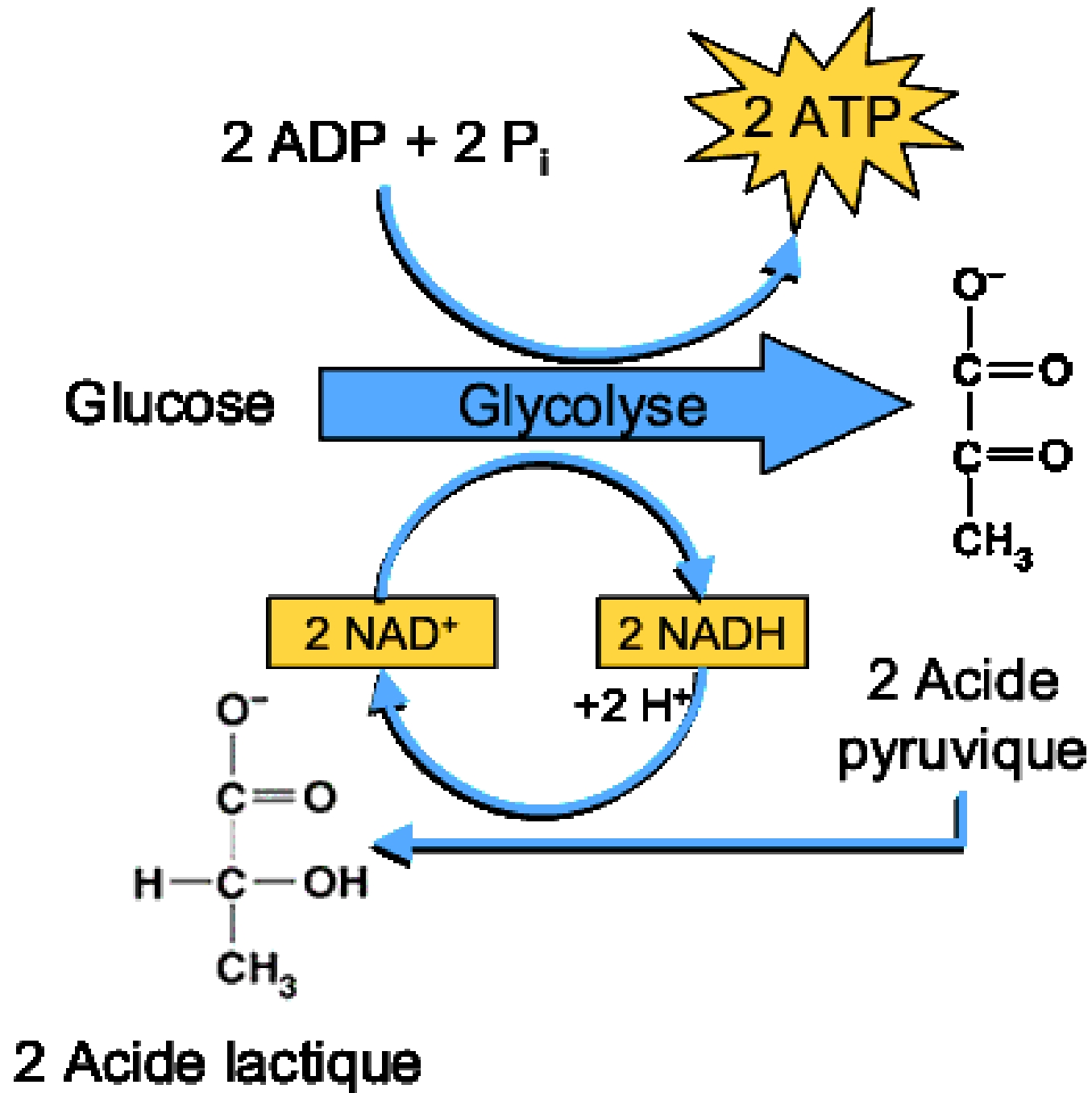
$\nexists O_2 \longrightarrow$ Fermentation

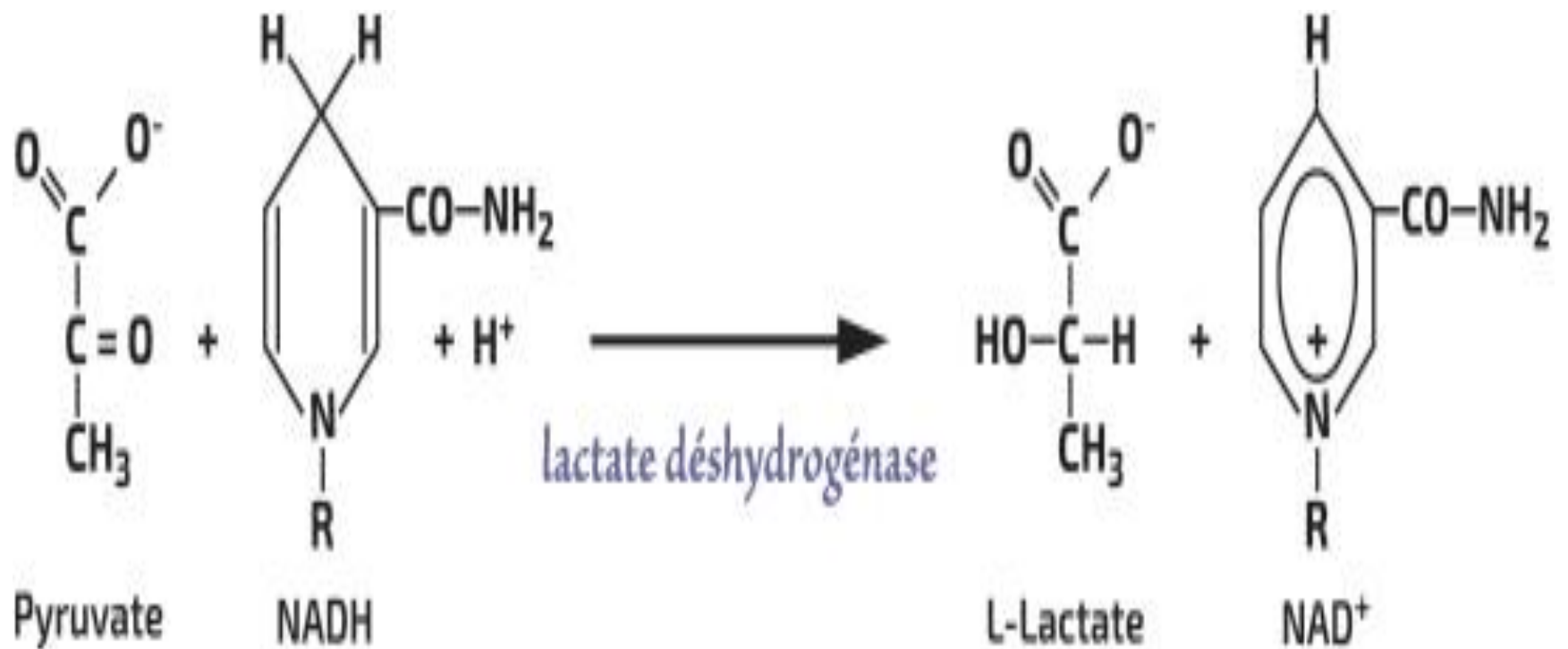
* Pyruvate $\xrightarrow{\nexists \text{ de mitochondrie}}$ Fermentation

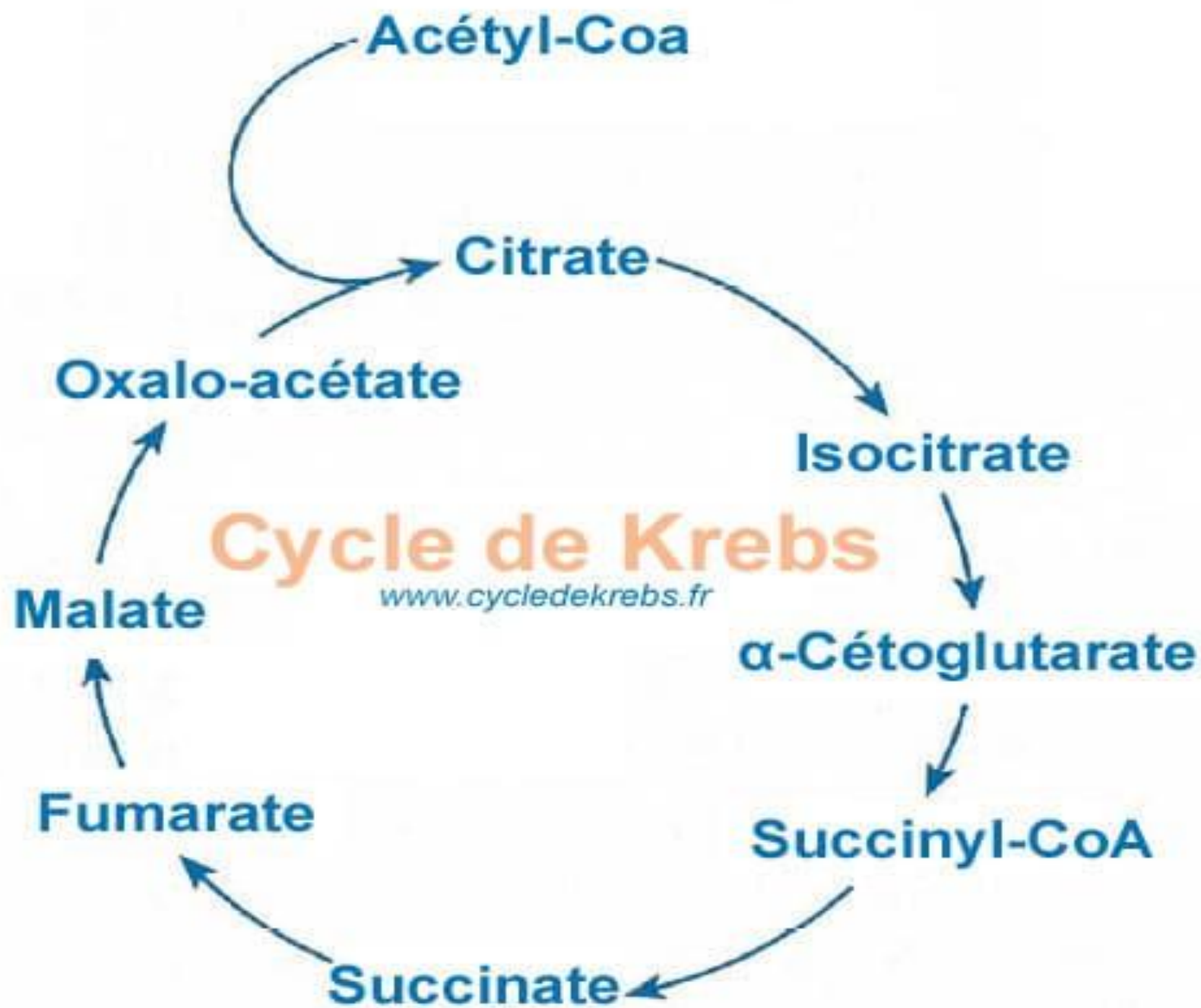


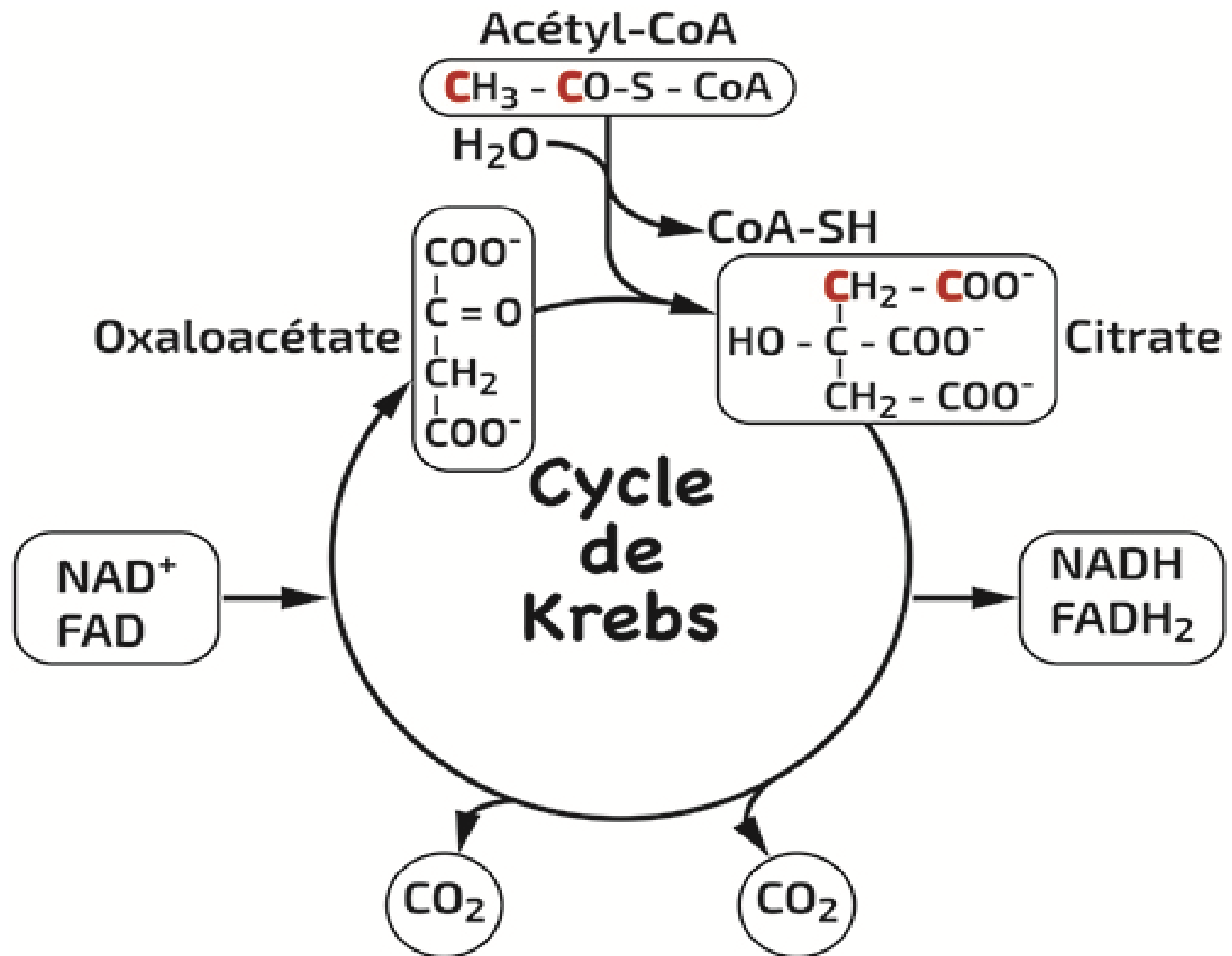


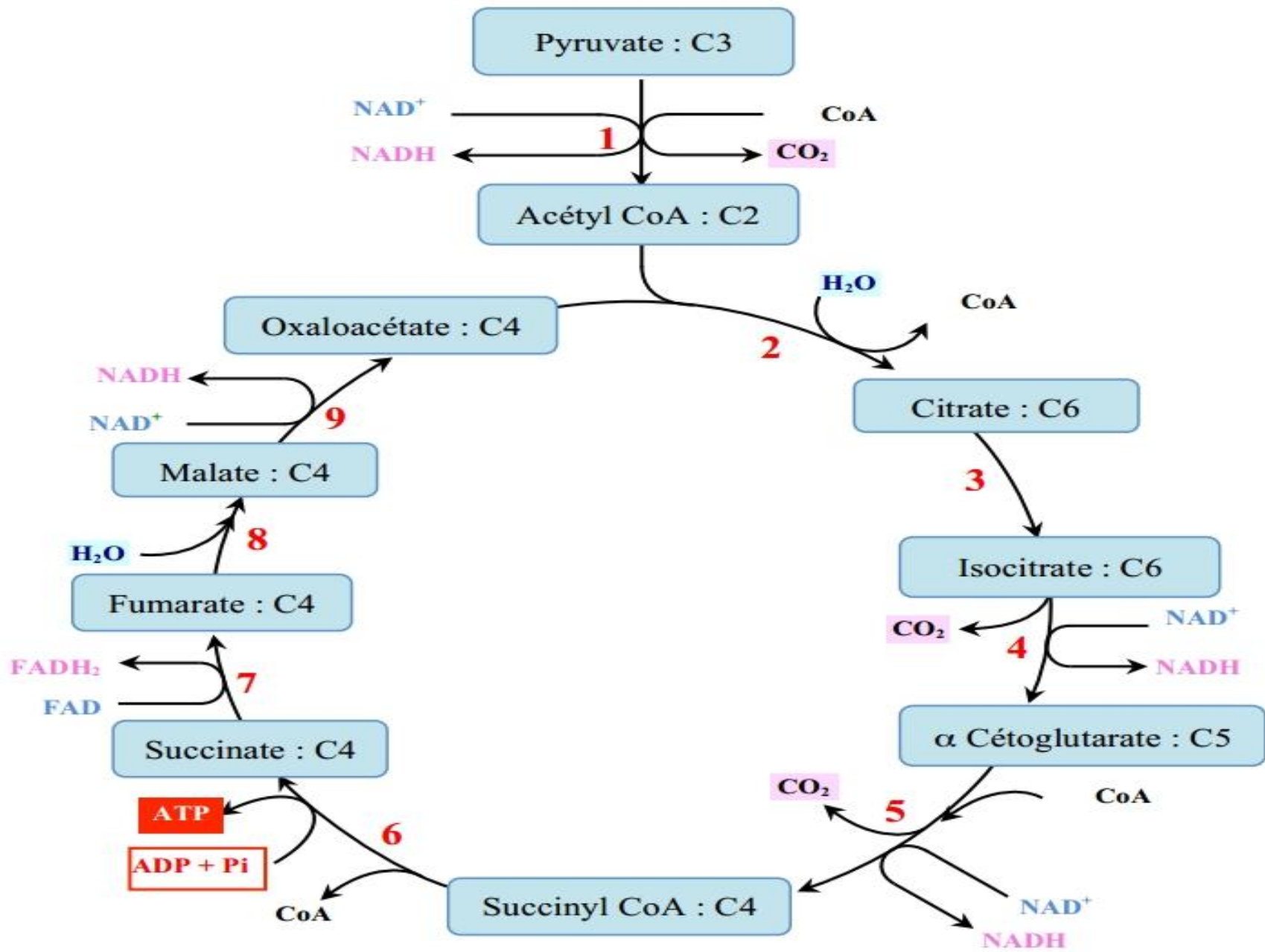
Fermentation homolactique ou hétérolactique



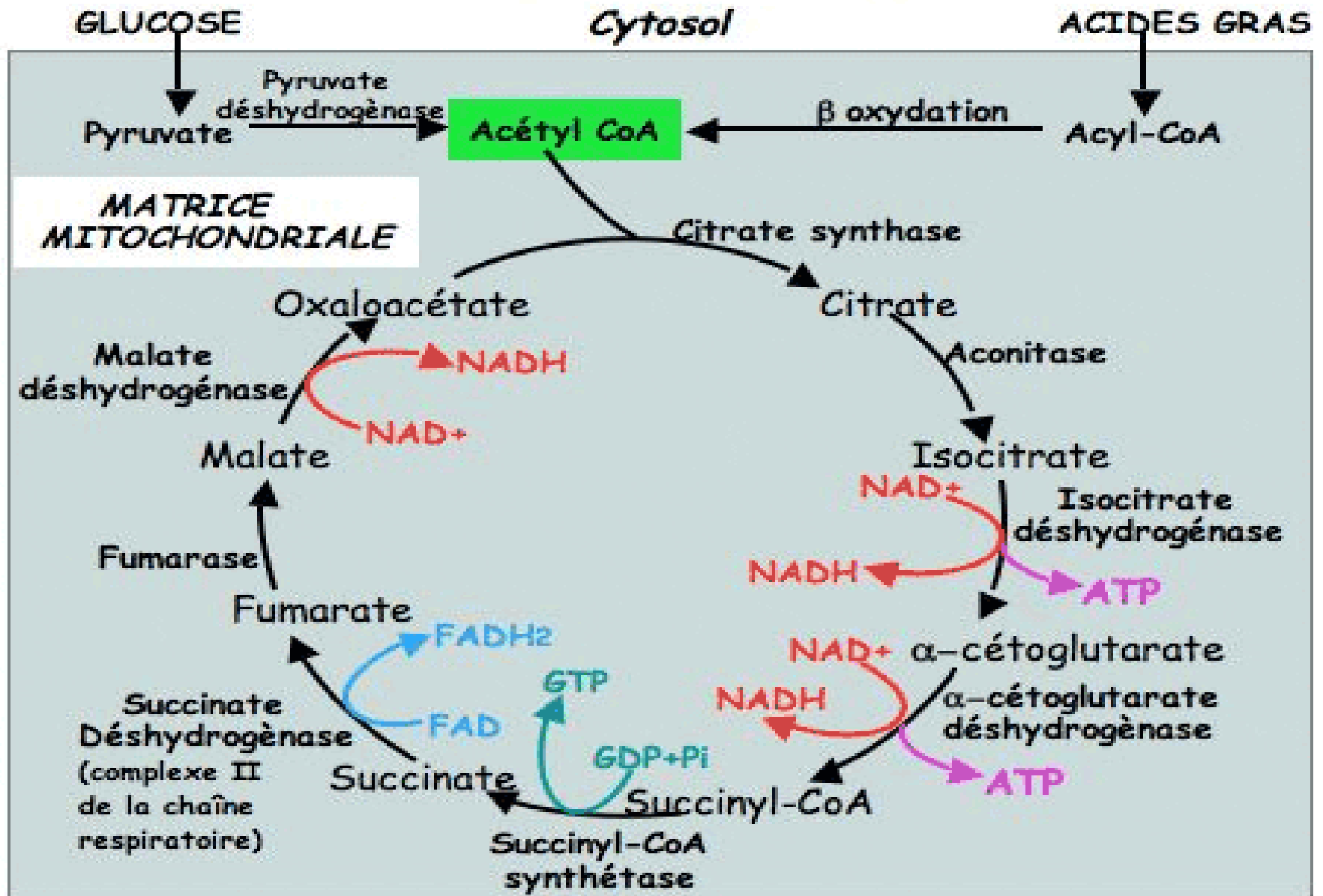








CYCLE DE KREBS



Cycle de Krebs : 3 NADH, H^+ , 1 FADH₂, 1 GTP.

└→ 1x ATP

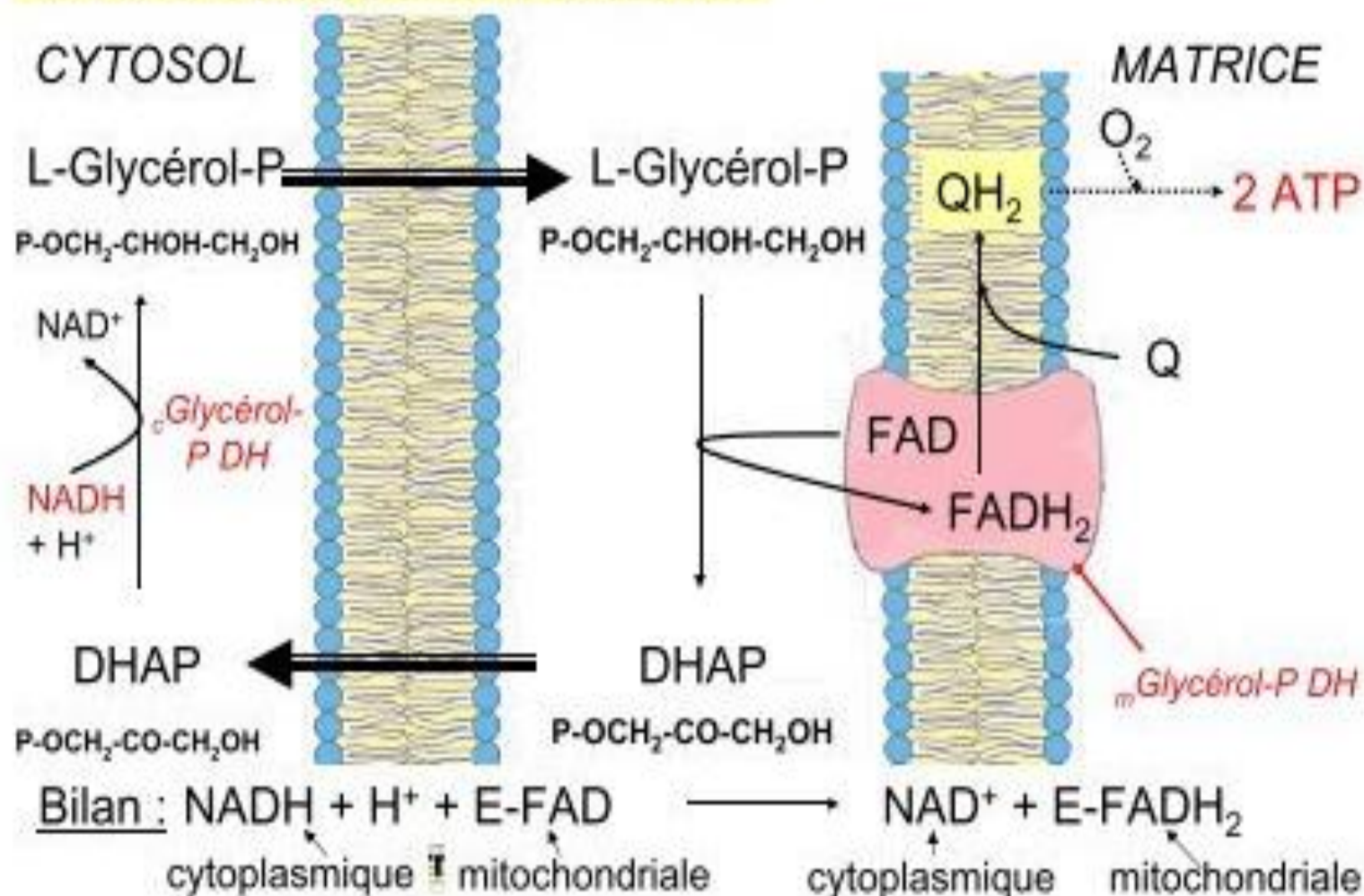
Glc → 2(3GA) → 2 pyruvate → 2 acetyl CoA → 24 ATP

NADH, H^+ cytoplasmiques

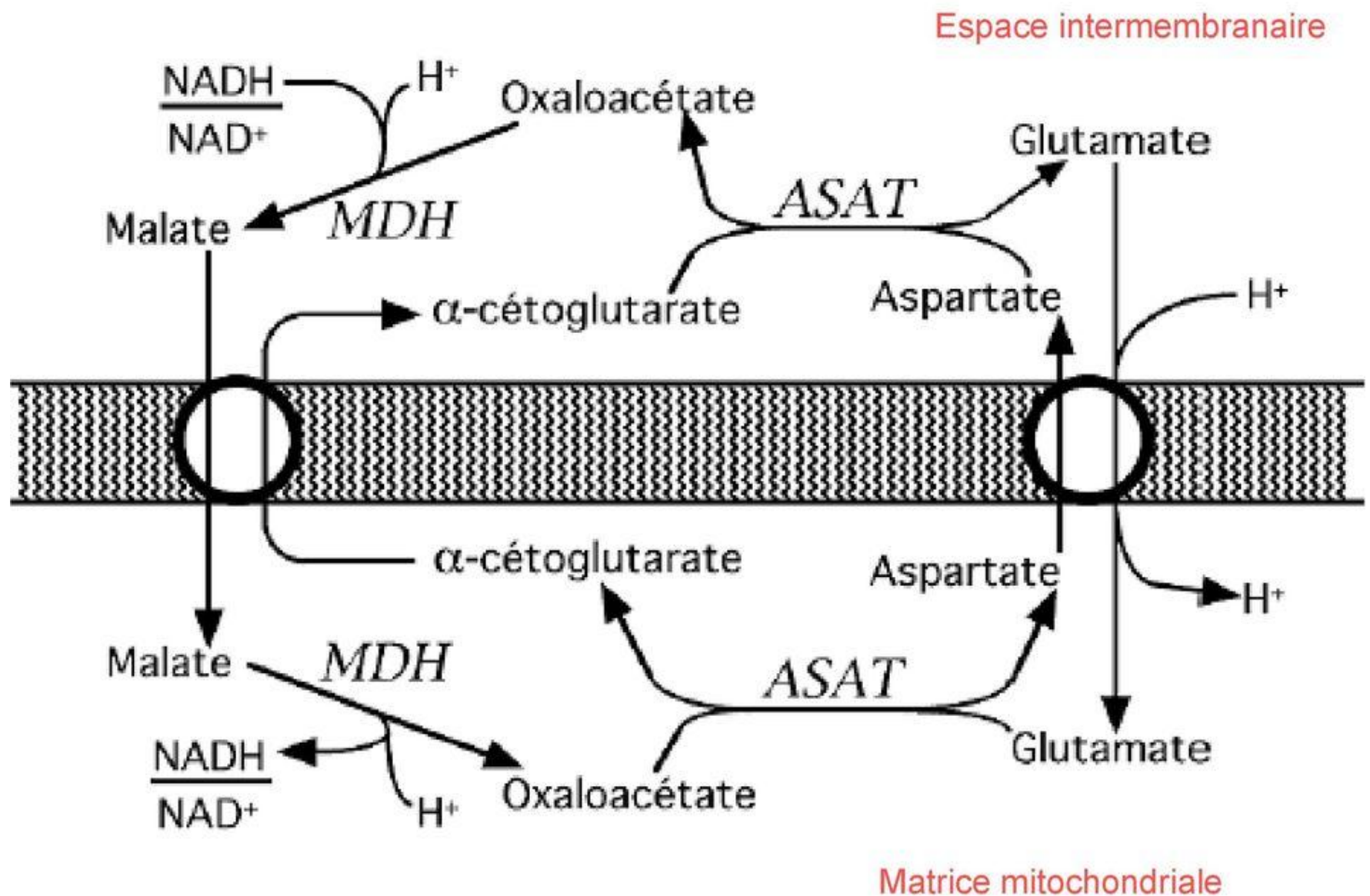
Le NADH, H^+ cytoplasmique ne traverse pas la membrane mitochondriale.

└→ Navette malate - aspartate (3 ATP)
└→ Navette glycérol - phosphate (2 ATP)

1. La navette glycérol-phosphate



LA NAVETTE MALATE / ASPARTATE

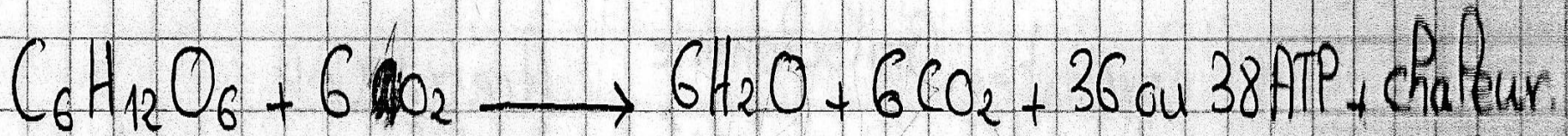
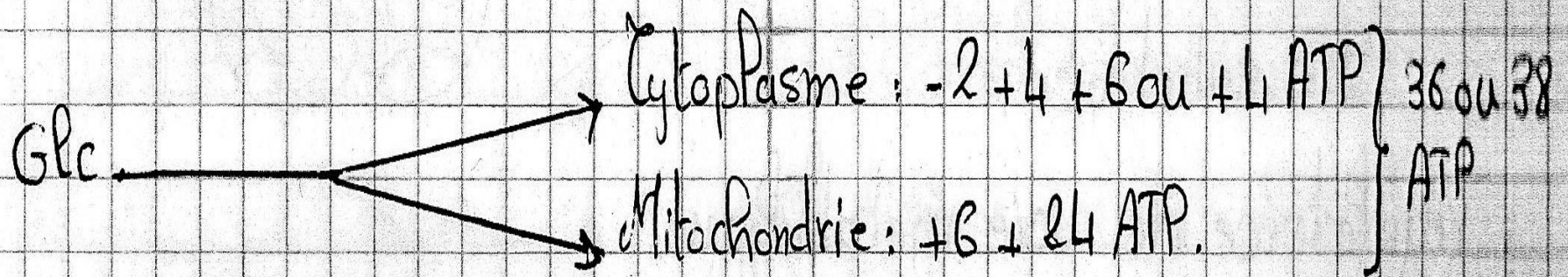


Glc

-1-1+4 ou+6+4+6+24 : 36 ou 38 ATP

ATP ? Glc :

$$-2 + 4 + 6 \text{ ou } 4 + 6 + 24 = 38 \text{ ou } 36 \text{ ATP.}$$



ATP / encas de fermentation :

$$+4 - 2\text{ATP} = 2\text{ATP}$$

Glycolyse (Globule rouge = hématie = erythrocyte) : 2 ATP

↓
d'organite

↓
Sac à hémoglobine (Postérieur)

Chaîne respiratoire

- La chaîne respiratoire est l'ensemble de protéines localisées sur la membrane mitochondriale interne chez les eucaryotes ; la membrane cytoplasmique chez les bactéries.

- Rôles :

Transport des électrons, Réoxydation des coenzymes réduits et synthèse d'ATP.

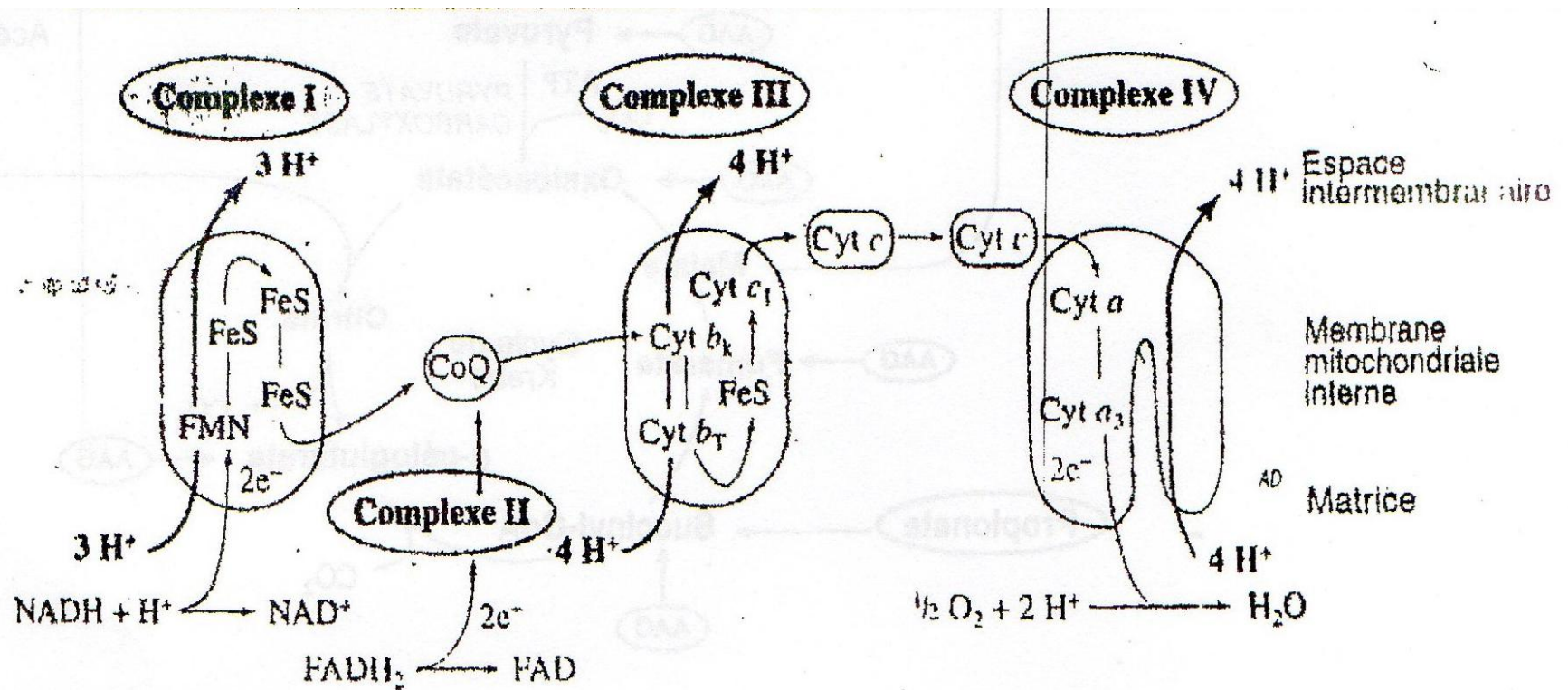
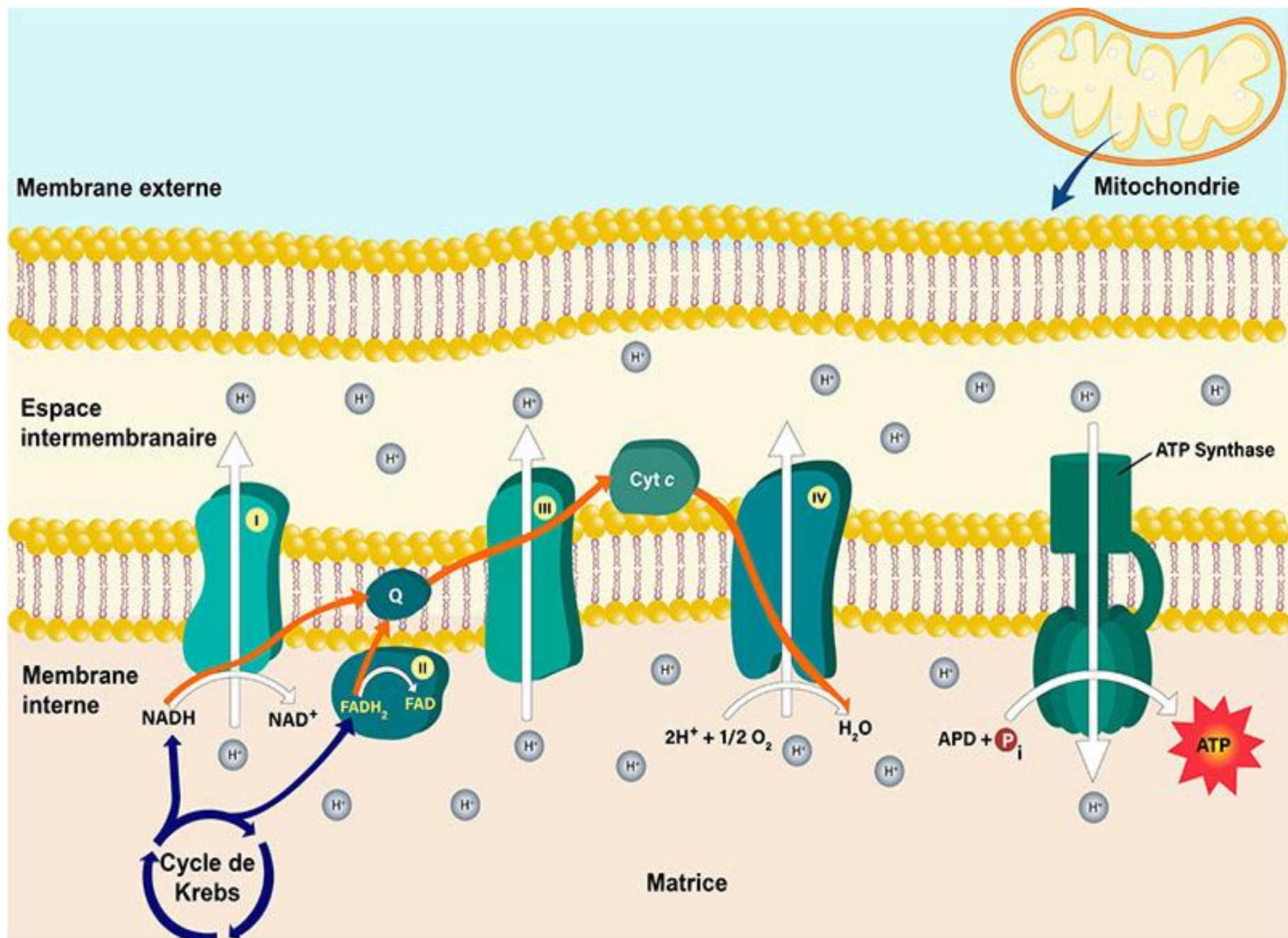


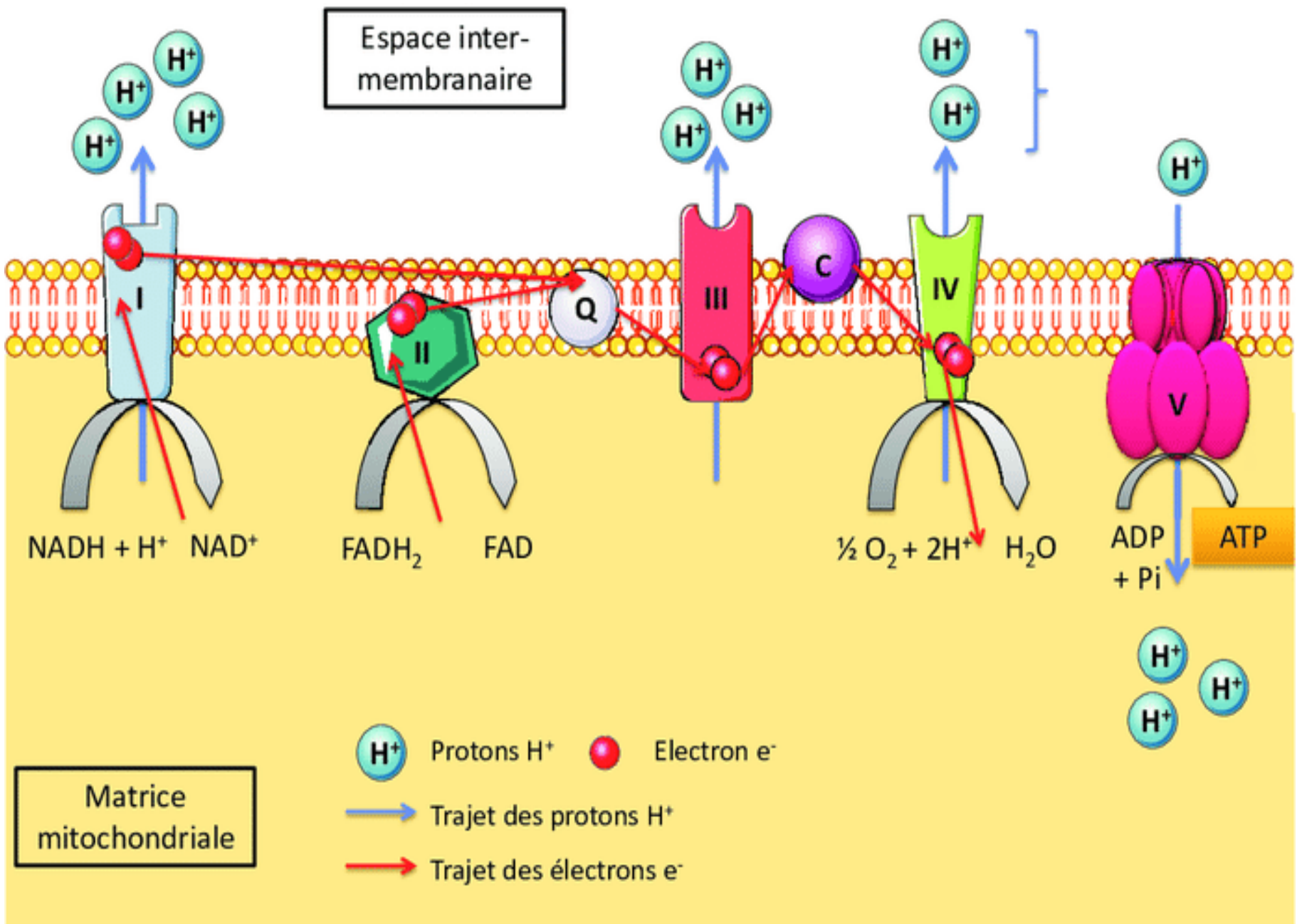
Figure 14.4

Chaîne de transport d'électrons et exportation des protons

Le cheminement des électrons est figuré en traits rouges.

Membrane
mitochondriale externe





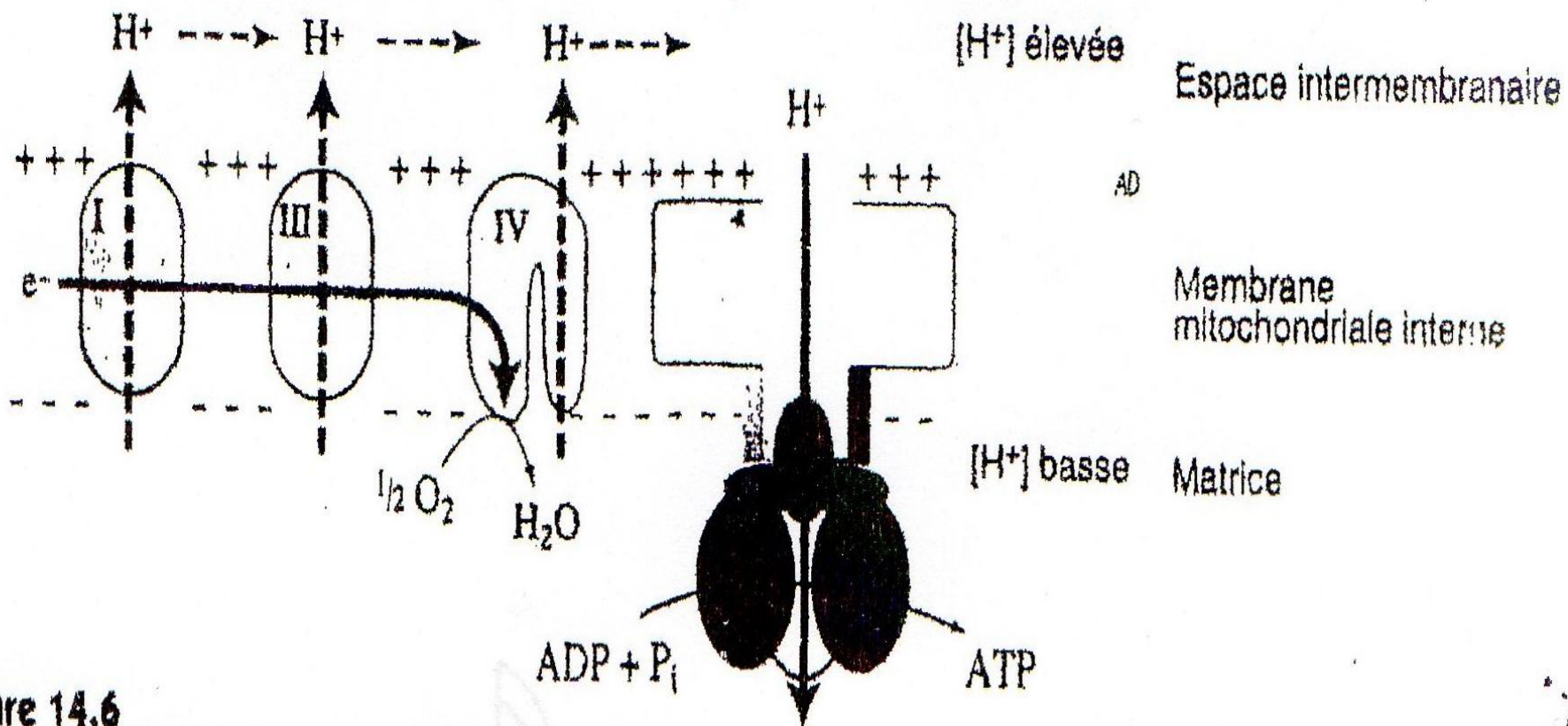
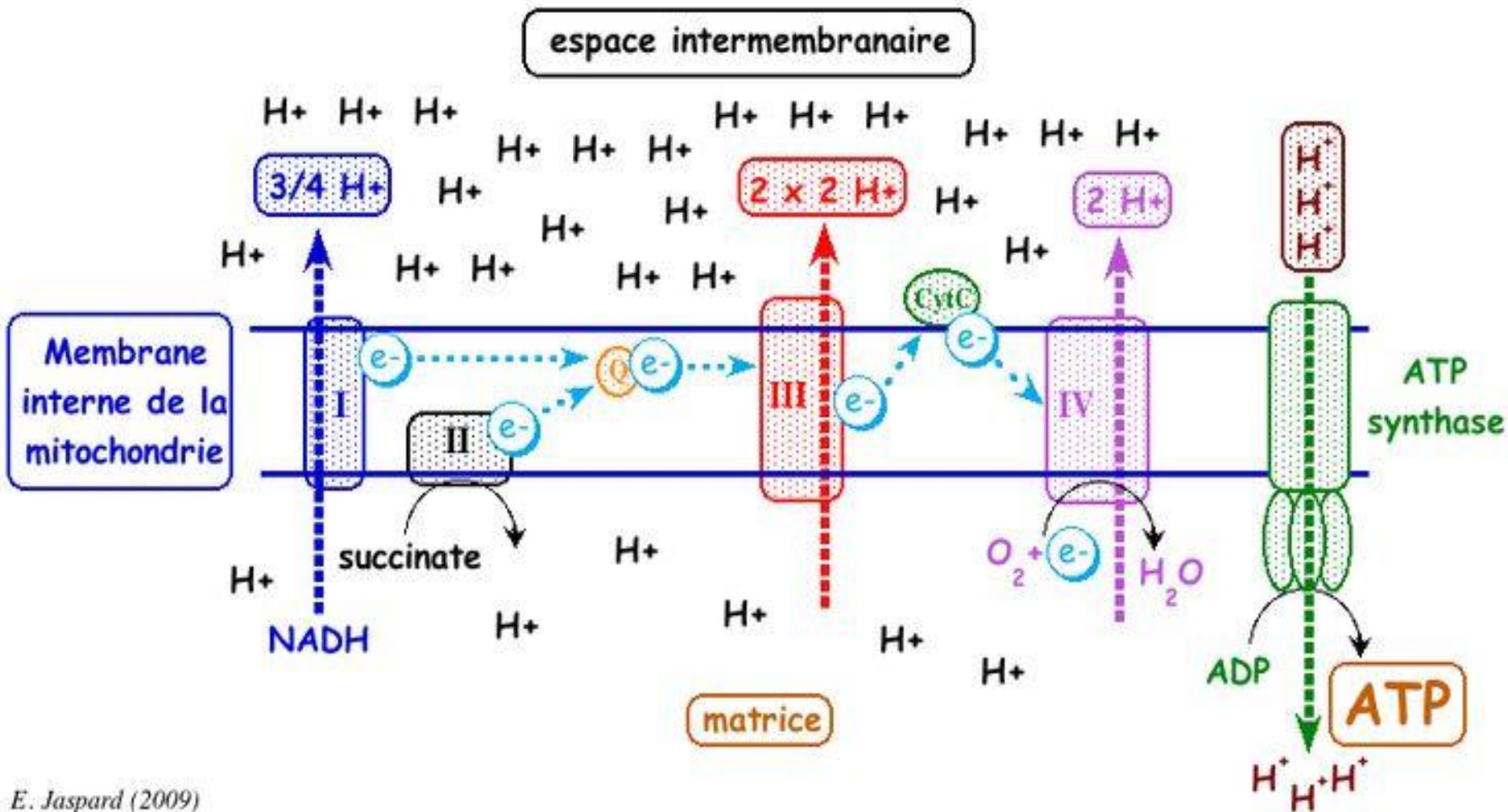


Figure 14.6

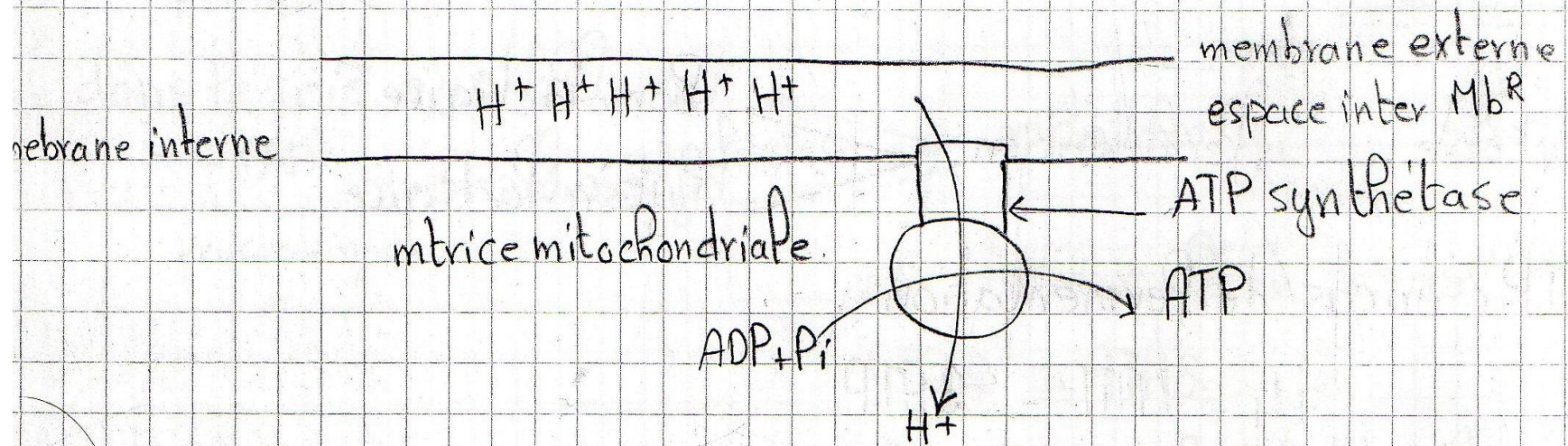
Formation du gradient électrochimique de protons

Exportation d'ions H⁺ à l'extérieur de la membrane interne associée au transport d'électron.



* Théorie chimioosmotique de Mitchell (Prix Nobel de chimie en 1978).

Le retour des H^+ de l'espace intermembranaire vers la matrice mitochondriale s'accompagne de l'énergie. Cette dernière est nécessaire pour lier l'ADP avec le P_i (phosphate inorganique) donc fabrication d'ATP.



ATP : Adénosine Tri Phosphate

Adénosine = nucléoside $\Rightarrow$ Adénine + Ribose

ATP = ADP $\sim$ P_i

1 ATP = 7,3 kilocalorie.

1 kilocalorie = 4,184 kilojoules

Le retour des ions H^+ de l'espace intermembranaire mitochondriale vers le stroma s'accompagne d'une énergie qui sert à phosphoryler l'ADP en ATP.

Origine des ions H^+ : réoxydation des coenzymes réduits ($FADH_2$ et $NADH, H^+$).