

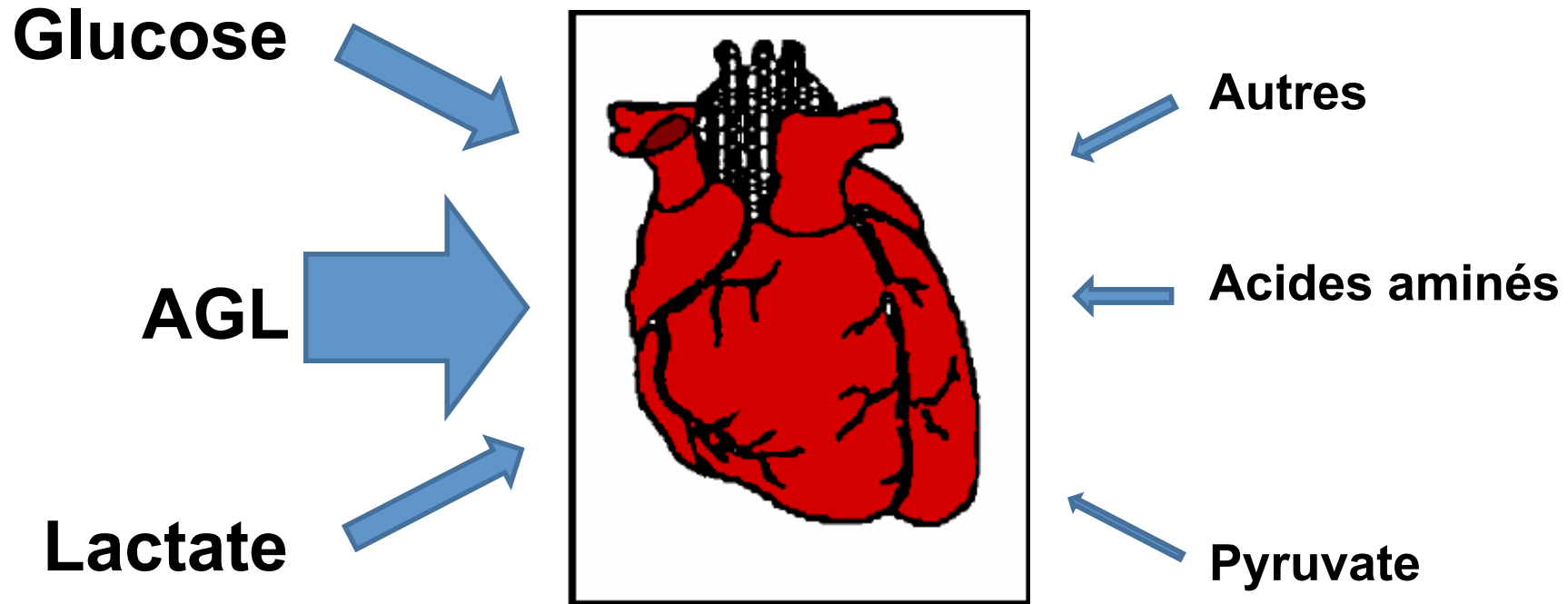
Distribution du débit cardiaque au cours d'un exercice intense

Organes	Au repos	Effort intense
Cerveau	13 %	3 %
Muscles	21 %	88 %
Reins	19 %	1 %
Cœur	4 %	4 %
Autres	22 %	4 %
Débit cardiaque	5,8 l/min	25,6 l/min

Energétique cardiaque

- Le muscle cardiaque utilise **1 mM ATP par seconde**
- Son stock d'ATP ne lui permet que 3 battements
- Plus de 90% énergie provient de la CRM
- **Le volume mitochondrial représente 30% du volume cellulaire**
- Plus de **90% de l'énergie est produite sous forme de créatine phosphate**
- Au cours d'un exercice intense, le cœur utilise plus de 90% de ses capacités oxydatives
- **Le cœur a besoin d'un système efficace de transfert d'énergie**

Substrats énergétiques cardiaques (% sur 24h)



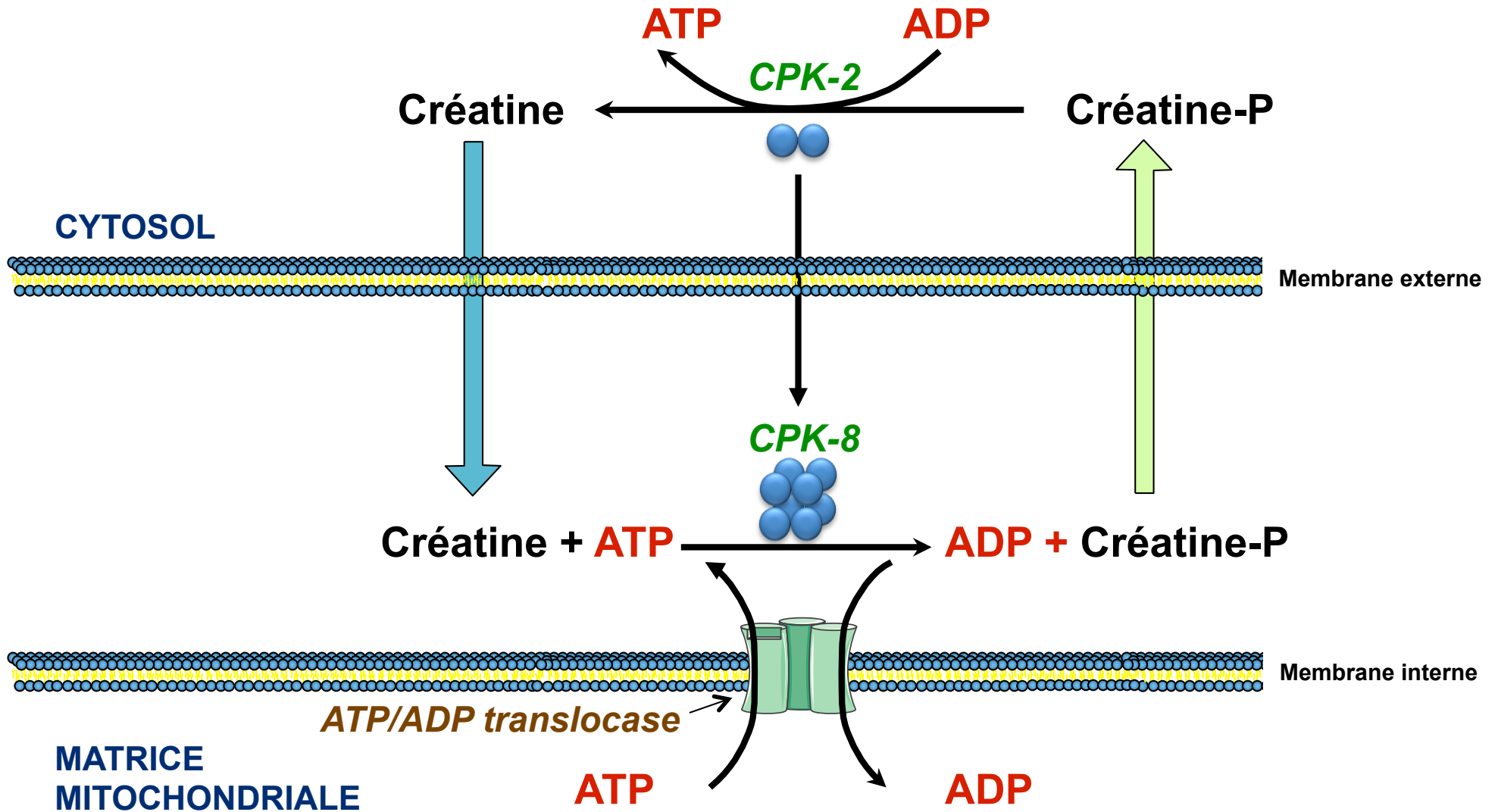
60 % à partir des acides gras

30 % à partir du glucose

10 % à partir des autres substrats

Voies de production de l'ATP

1 - Voie de la CPK



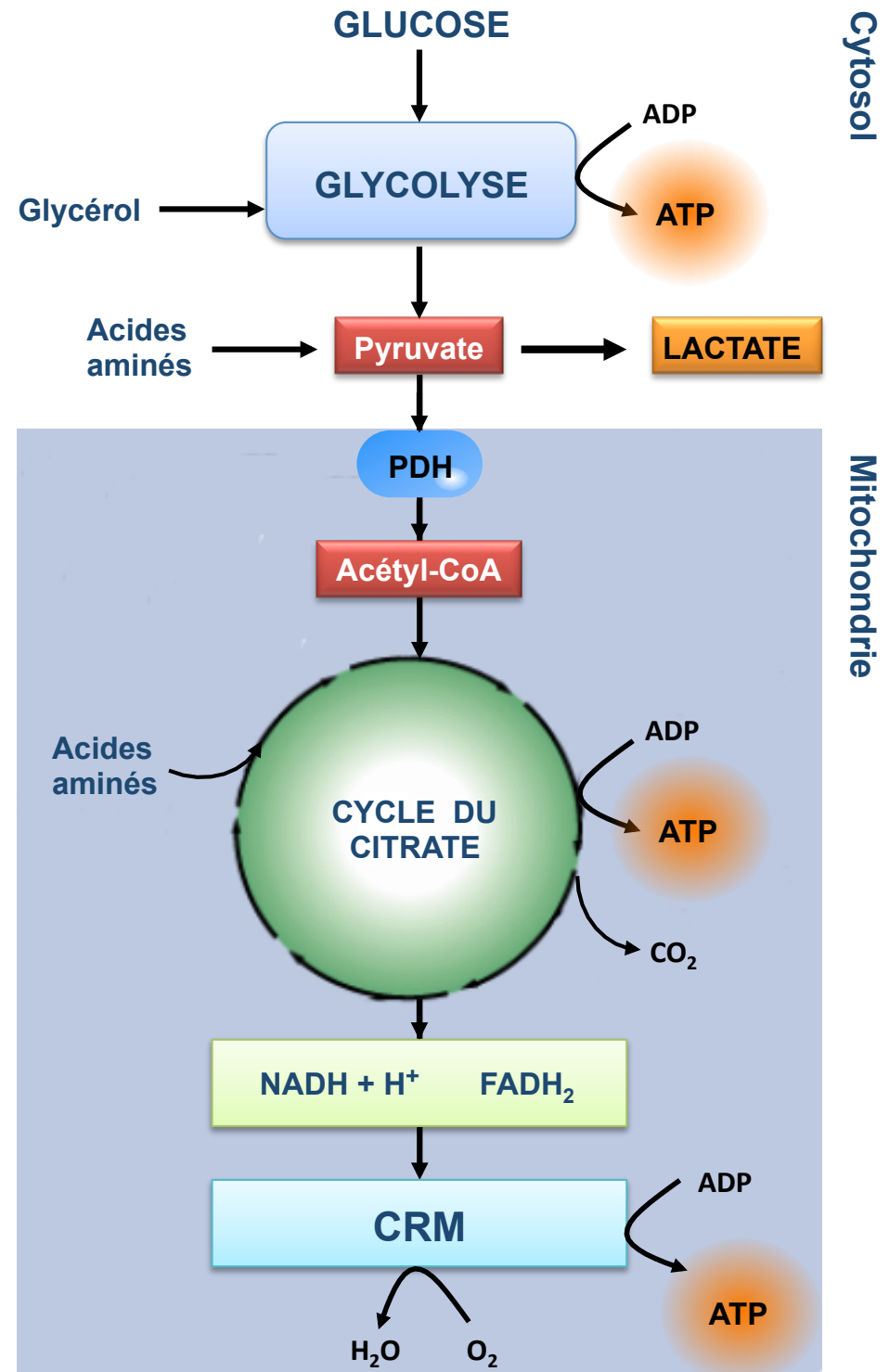
2 - Catabolisme du glucose

Glycolyse :

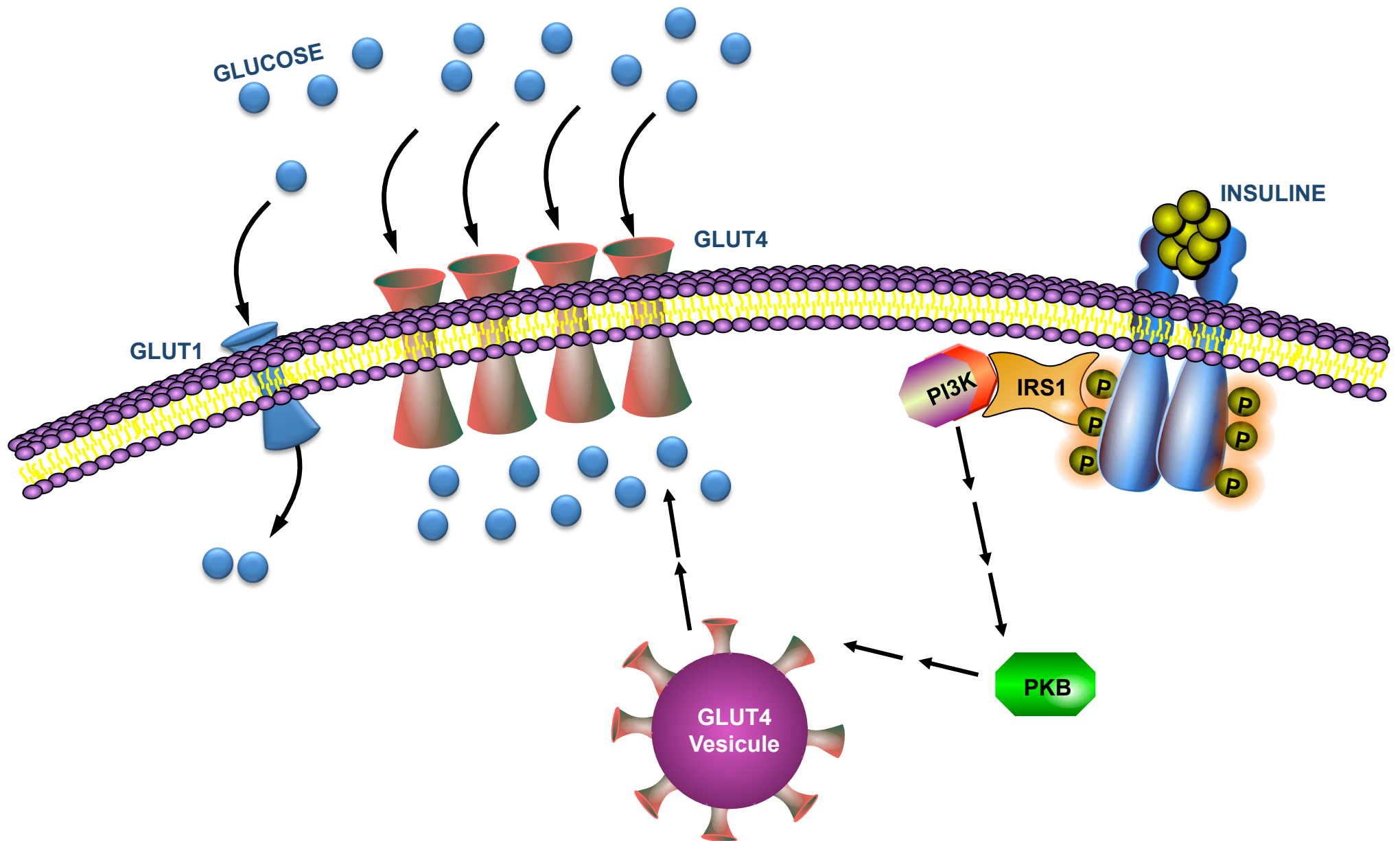
Production d'énergie anaérobie

Oxydation du pyruvate :

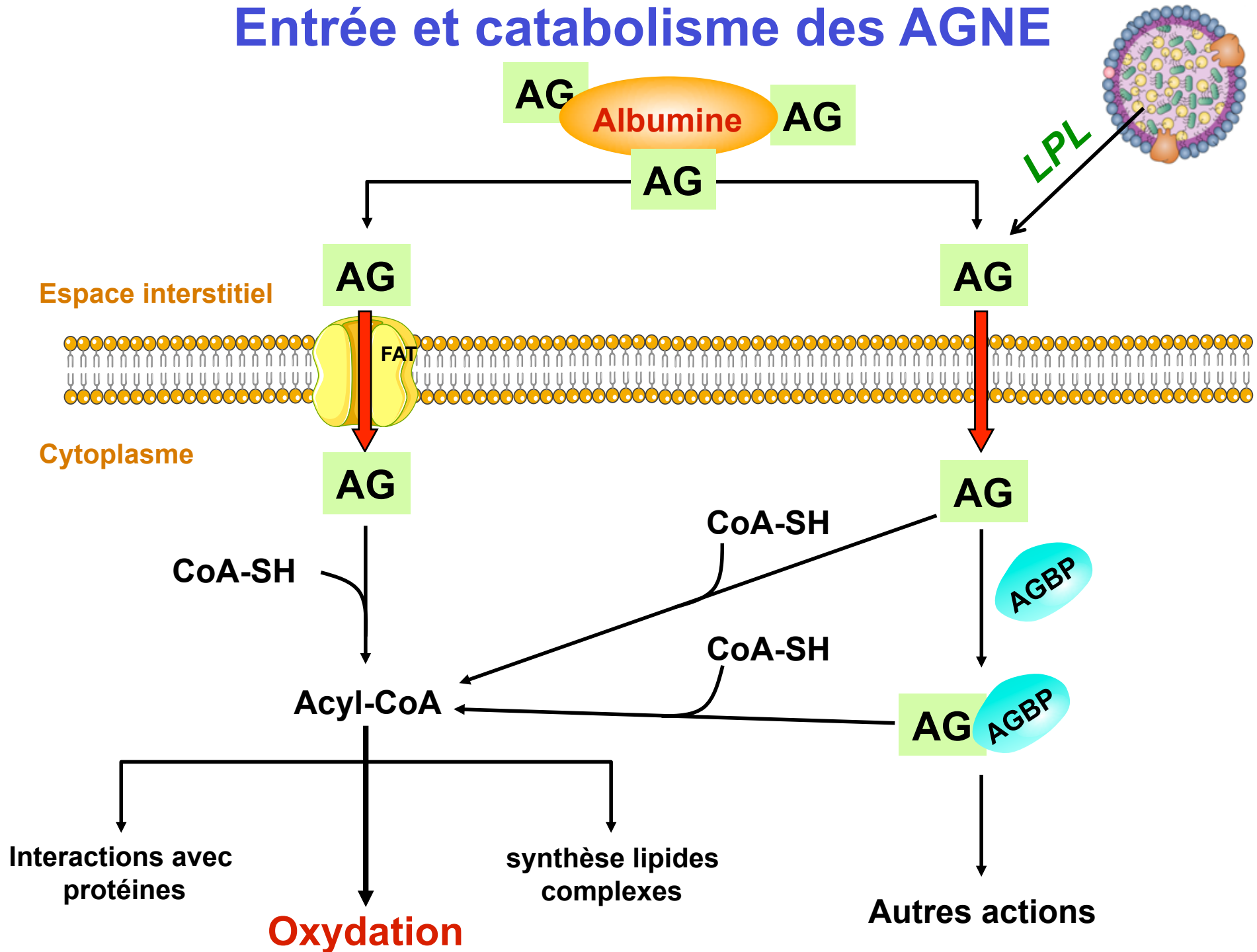
Production d'énergie aérobie



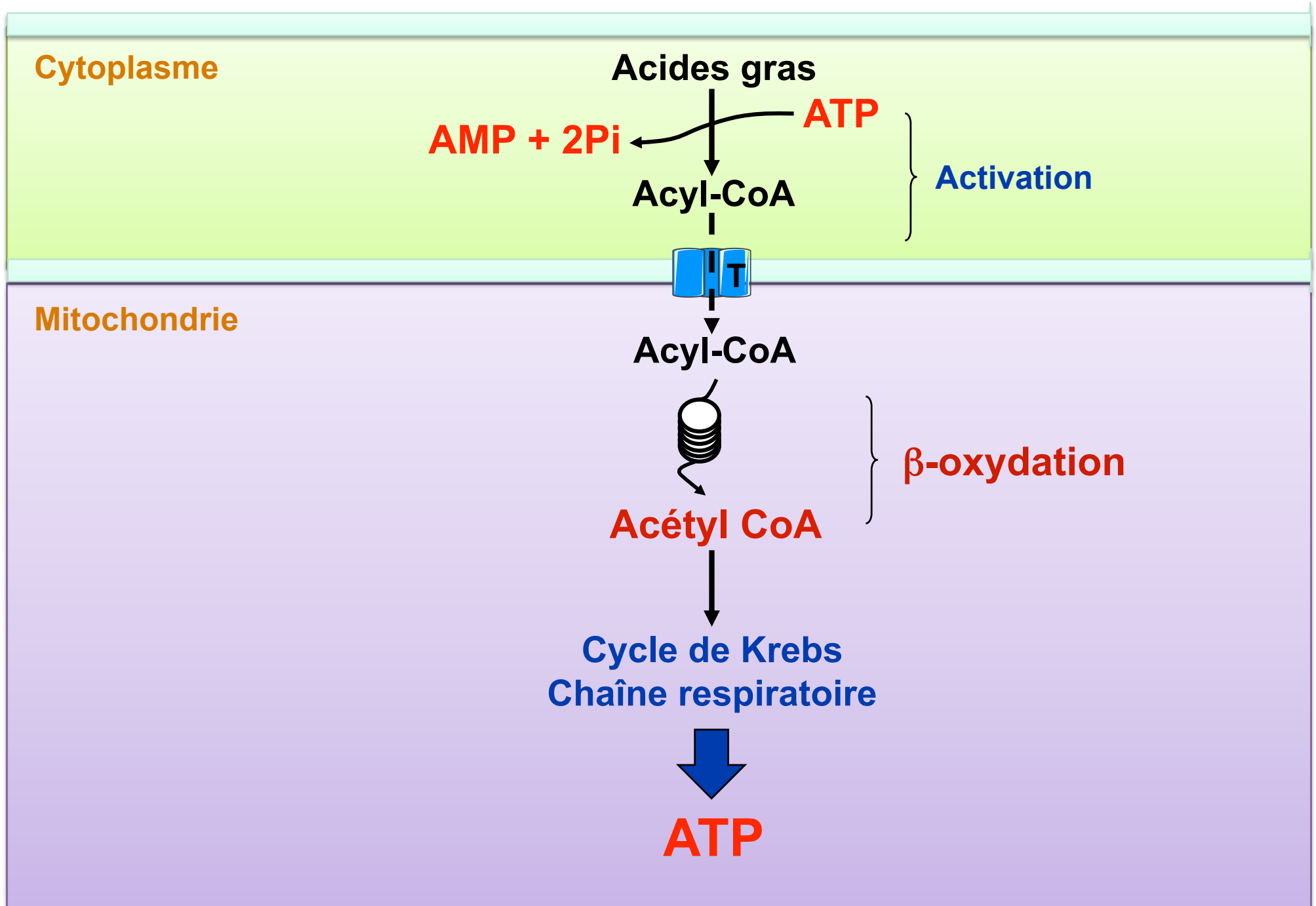
Transport transmembranaire du glucose



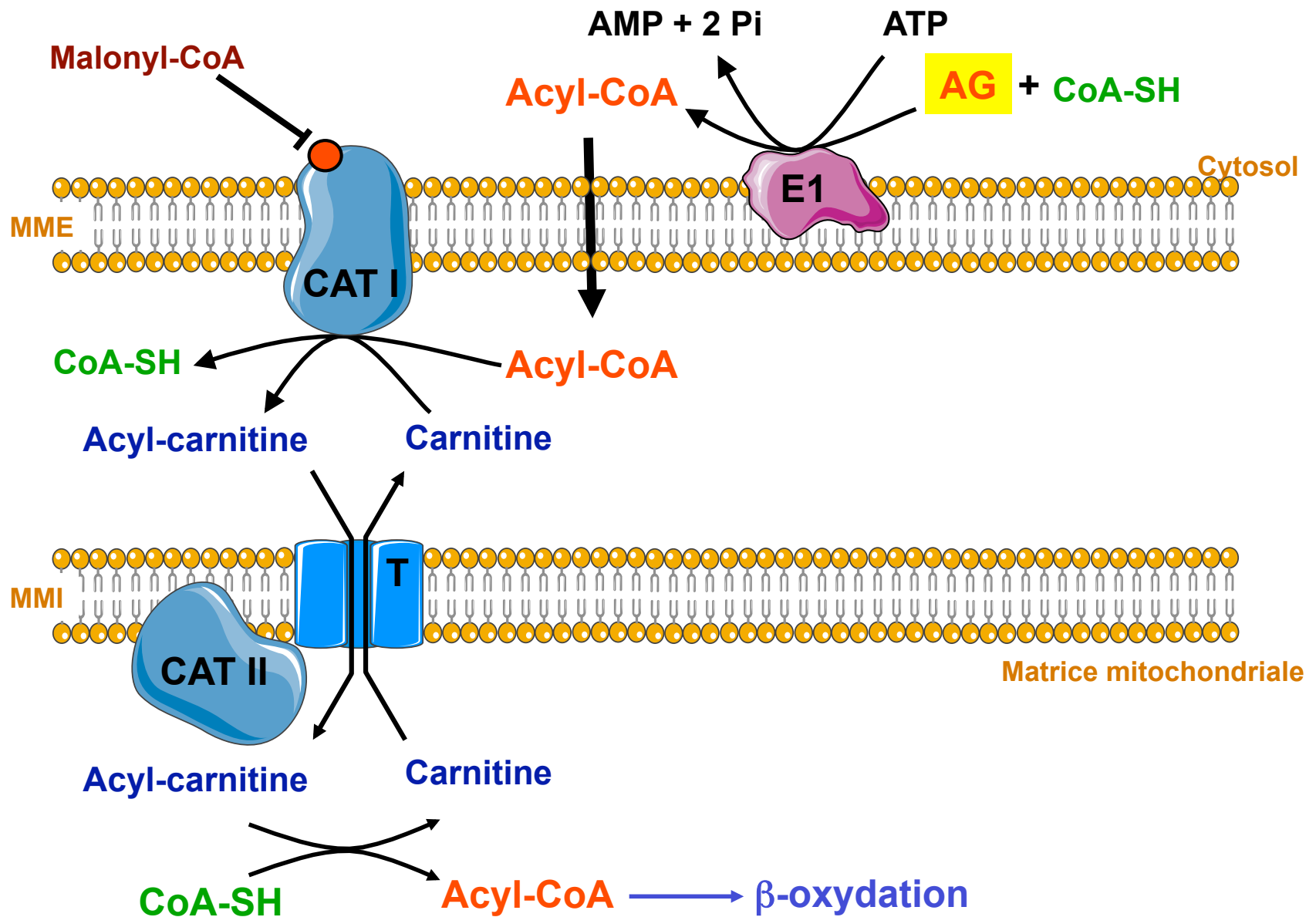
Entrée et catabolisme des AGNE



Catabolisme des AG dans les tissus utilisateurs



FORMATION / TRANSFERT DE L'ACYL-CoA dans la MITOCHONDRIE

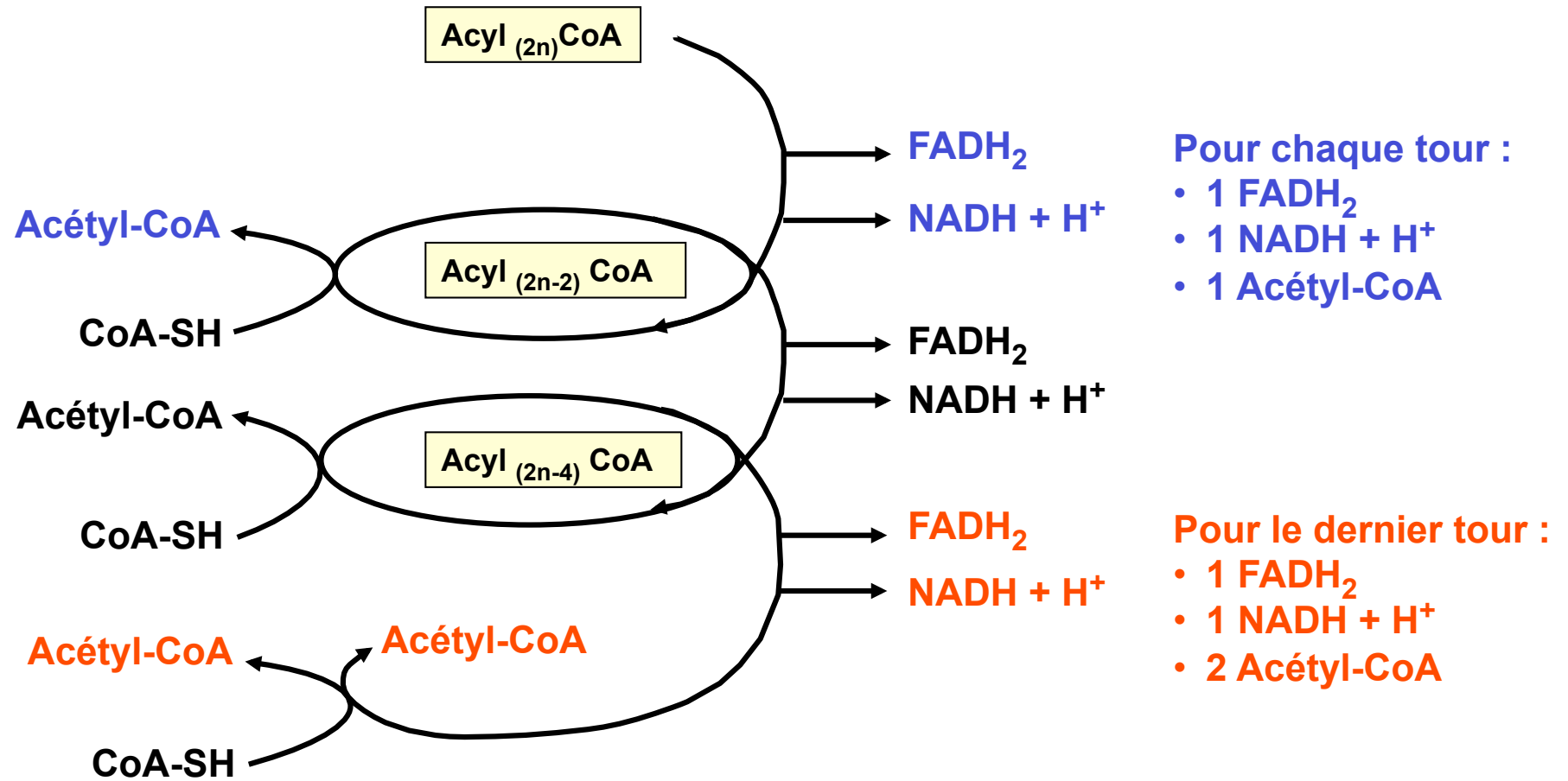


E1 : AcylCoA Synthétase ou acyl thiokinase
et II)

T : Translocase

CAT : Carnitine Acyl Transférase (I
et II)

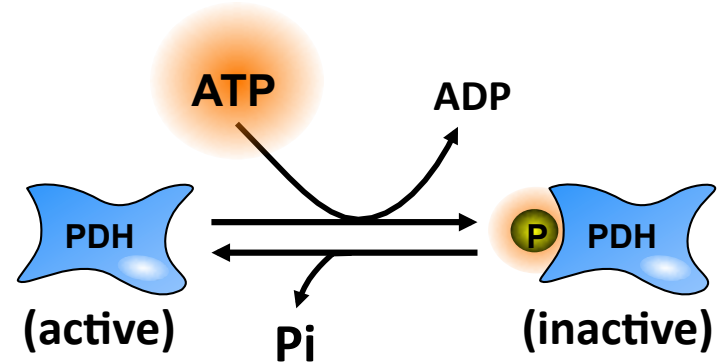
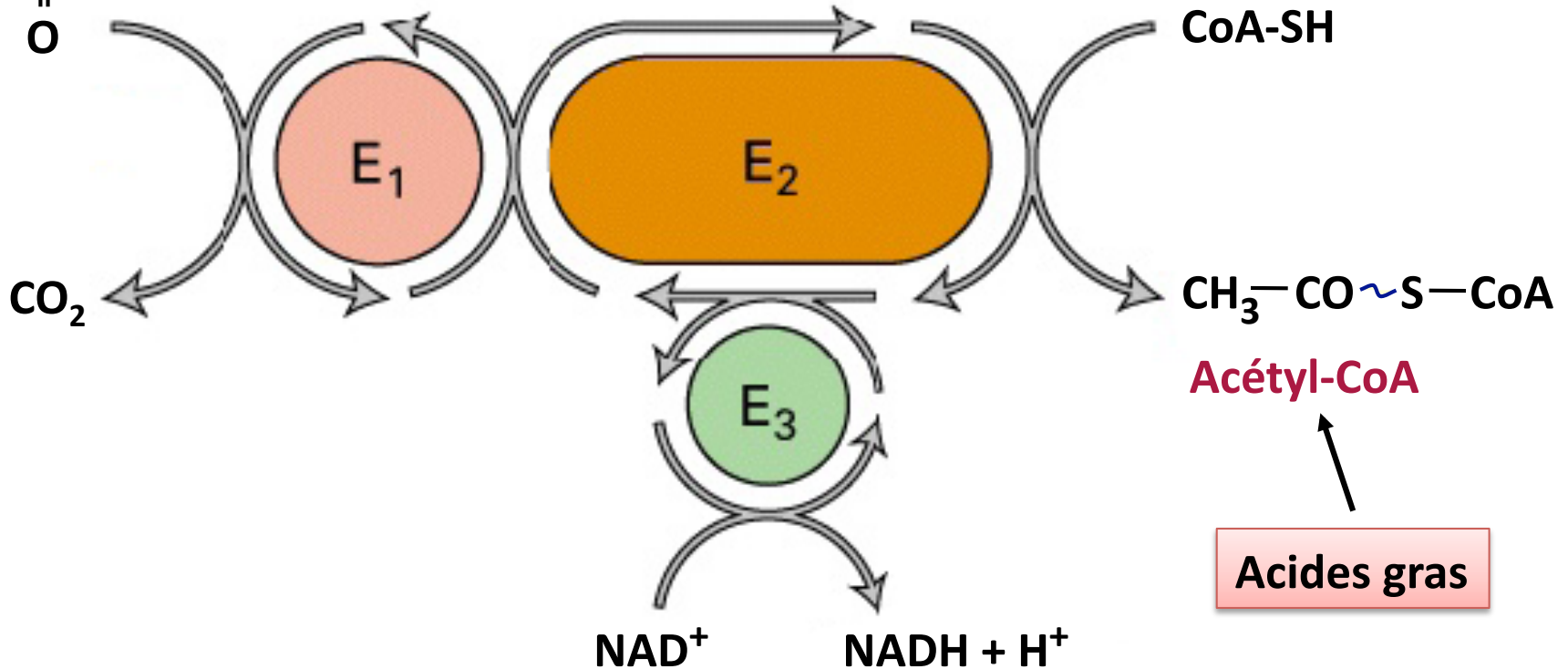
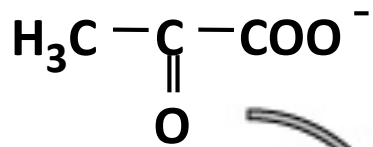
LA SPIRALE DE LYNEN



Le complexe Pyruvate Déshydrogénase

Glycogène / Glucose / Lactate
Acides aminés / autres

Pyruvate



Acides gras

Le cycle de Randle

Le cycle :

processus métabolique impliquant le **glucose** et les **acides gras** pour les substrats.

Rôle dans l'explication de diabète de type 2 et de la résistance à l'insuline?

Le mécanisme :

Implique **malonyl-CoA** et son inhibition de **CAT / CPT1**

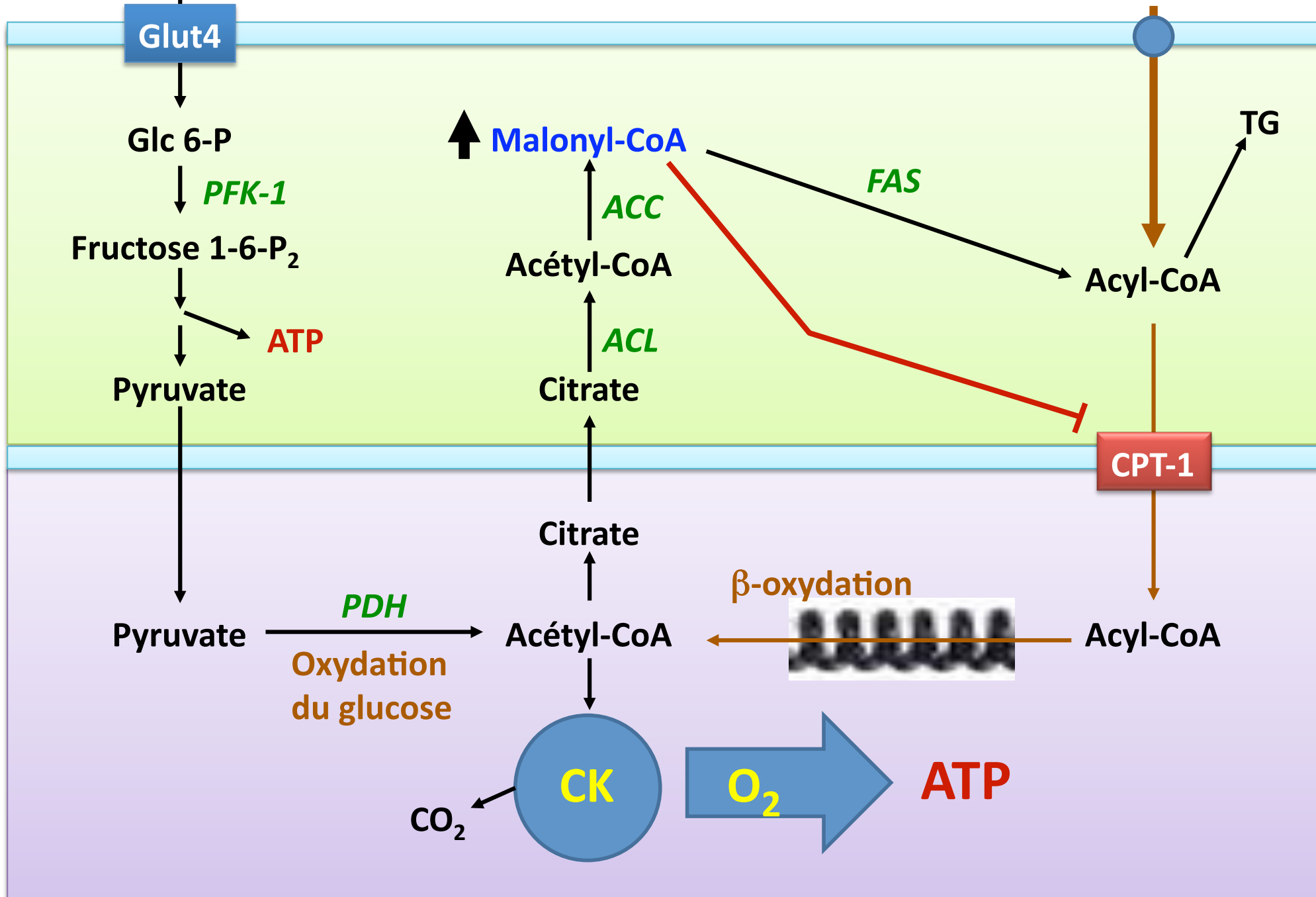
L'oxydation du glucose produit de **citrate** → **acétyl-CoA** → **malonyl-CoA** par **ACC**

Malonyl-CoA inhibe CAT / CPT1 → **inhibition oxydation des acides gras** à travers le malonyl-CoA, qui peut ensuite être utilisé comme substrat pour la synthèse des acides gras.

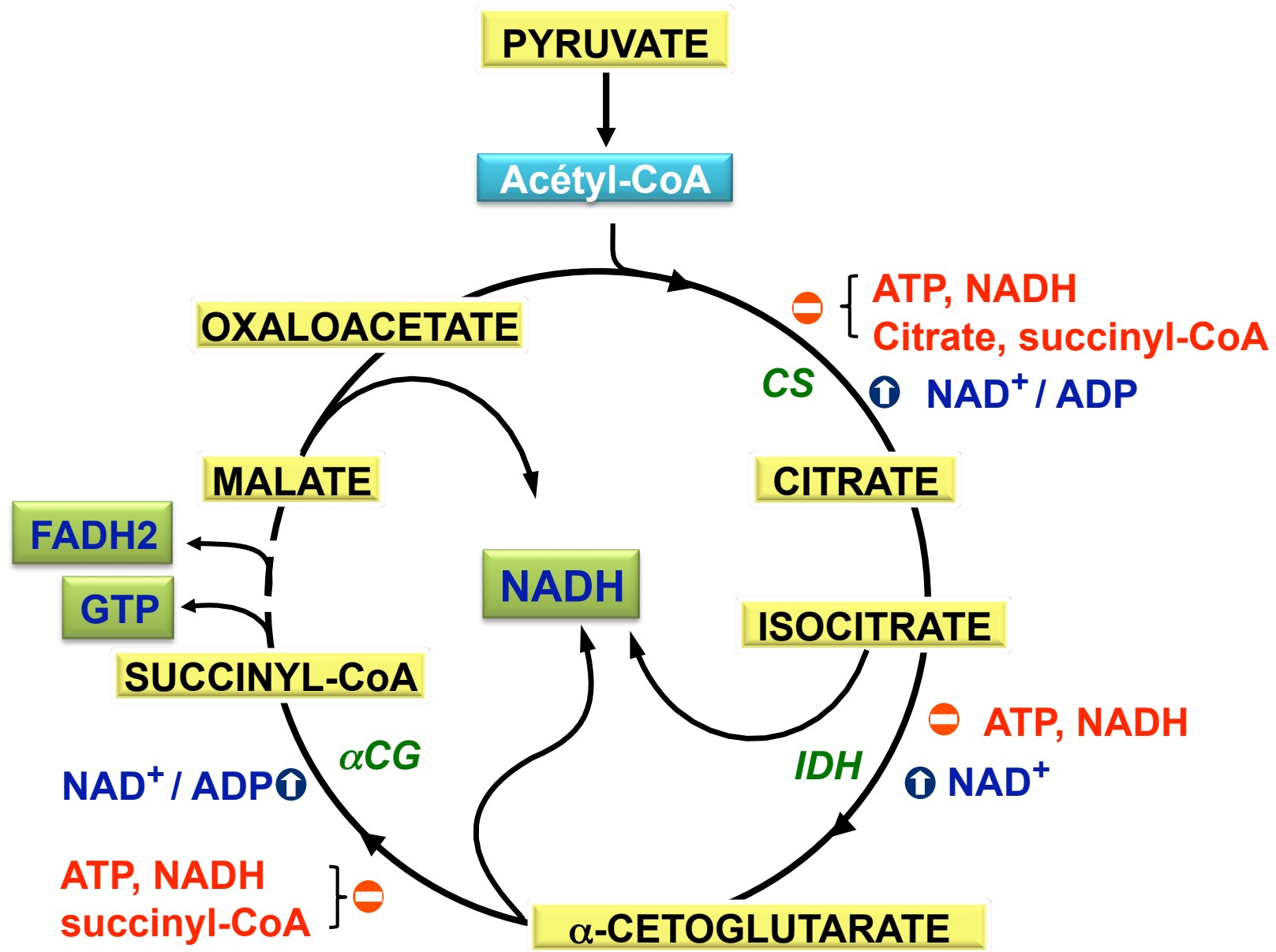
Glucose

Le cycle de Randle

AGL



CYCLE DU CITRATE

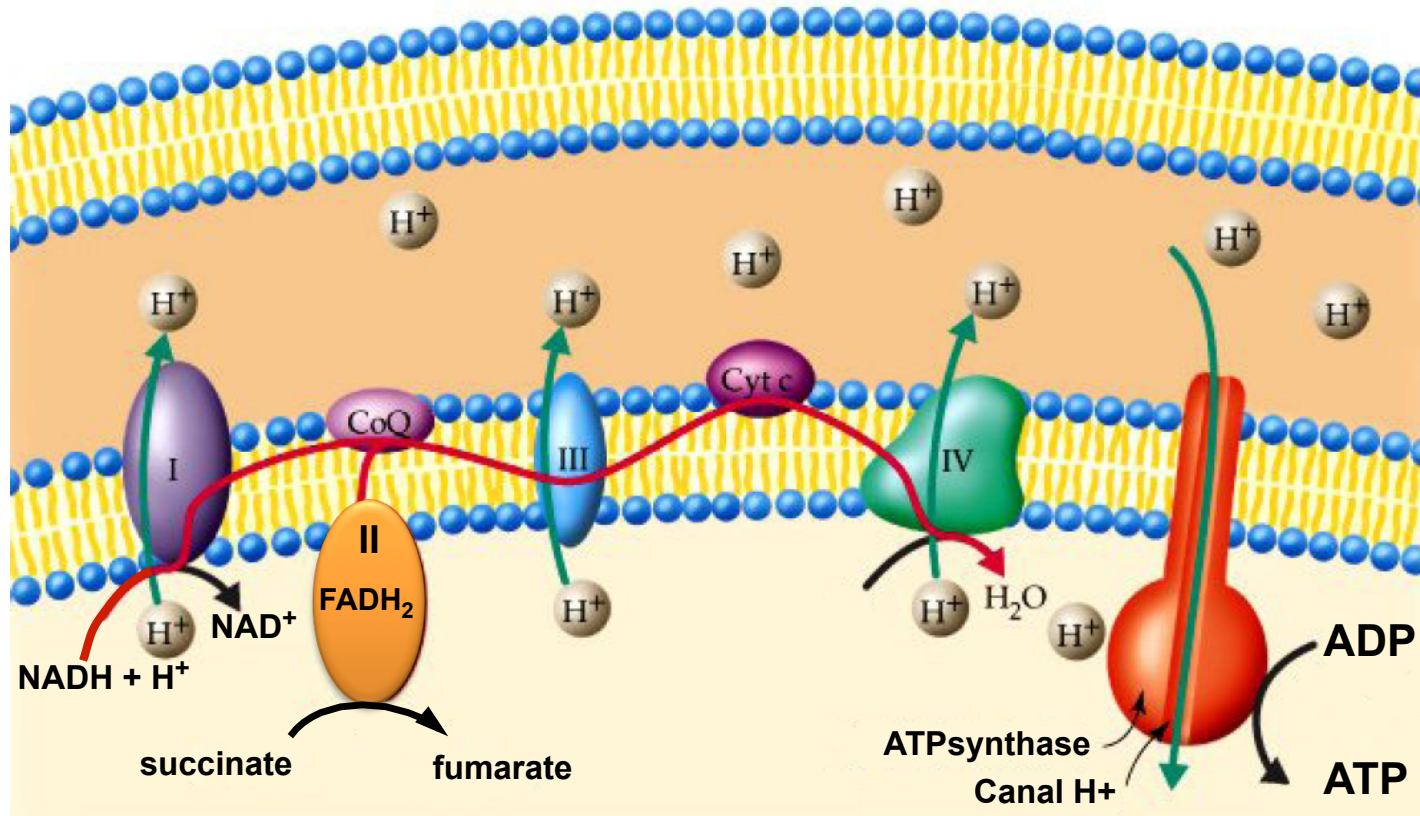


CS : Citrate Synthase

IDH : Isocitrate déshydrogénase

α CG : α -Cétoglutarate déshydrogénase

CRM / ATPsynthase

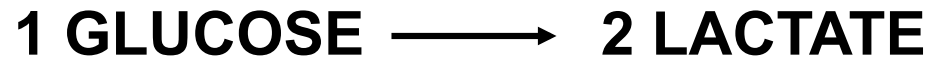


Les protons H⁺ expulsés dans l'espace inter membranaire suite au gradient généré retournent dans la matrice en passant par le canal H⁺ de l'ATP synthétase

→ Mise en place du gradient électrochimique

BILAN ENERGETIQUE

Glycolyse en anaérobiose (cytosol)



$$\Delta G'^{\circ} = - 47 \text{ Kcal/mol}$$

2 ATP
utilisés

Glucose \rightarrow Glucose 6-P

Fructose 6-P \rightarrow Fructose 1,6 di-P

4 ATP produits

1,3 di-PG \rightarrow 3-P glycérate

PEP \rightarrow Pyruvate

BILAN NET : PRODUCTION DE 2 ATP

$$\text{Rendement : } \frac{7,3 * 2}{47} * 100 = 31 \%$$

BILAN ENERGETIQUE

Glycolyse en aérobiose (cytosol + mitochondrie)

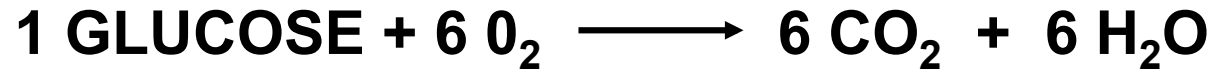


$$\Delta G'^{\circ} = - 686 \text{ Kcal/mol}$$

ATP produits/mol de Glucose	ATP consommés/mol de Glucose
<p>PO au niveau du GLUCOSE</p> <p>GLYCOLYSE → 4 ATP</p> <p>CYCLE DE KREBS → 2 ATP</p>	<p>Glucose → Glucose 6-P</p> <p>F 6-P → F 1,6 di-P</p>
<p>Oxydation des CoEnzymes réduits</p> <p>GLYCOLYSE → 2 NADH</p> <p>A partir de 2 Pyruvates</p> <p>Formation Acétyl CoA (PDH) → 2 NADH</p> <p>CYCLE DE KREBS → 6 NADH</p> <p>2 FADH₂</p>	

BILAN ENERGETIQUE

Glycolyse en aérobiose (cytosol + mitochondrie)



$$\Delta G'^{\circ} = - 686 \text{ Kcal/mol}$$

ATP produits/mol de Glucose	ATP consommés/mol de Glucose
Soit : 10 NADH → 30 ATP 2 FADH ₂ → 4 ATP } 40 ATP	Soit : - 2 ATP
BILAN THEORIQUE DE LA GLYCOLYSE AEROBIE : 38 ATP par mol de glucose Rendement : $\frac{38 * 7,3}{686} * 100 = 40 \%$	

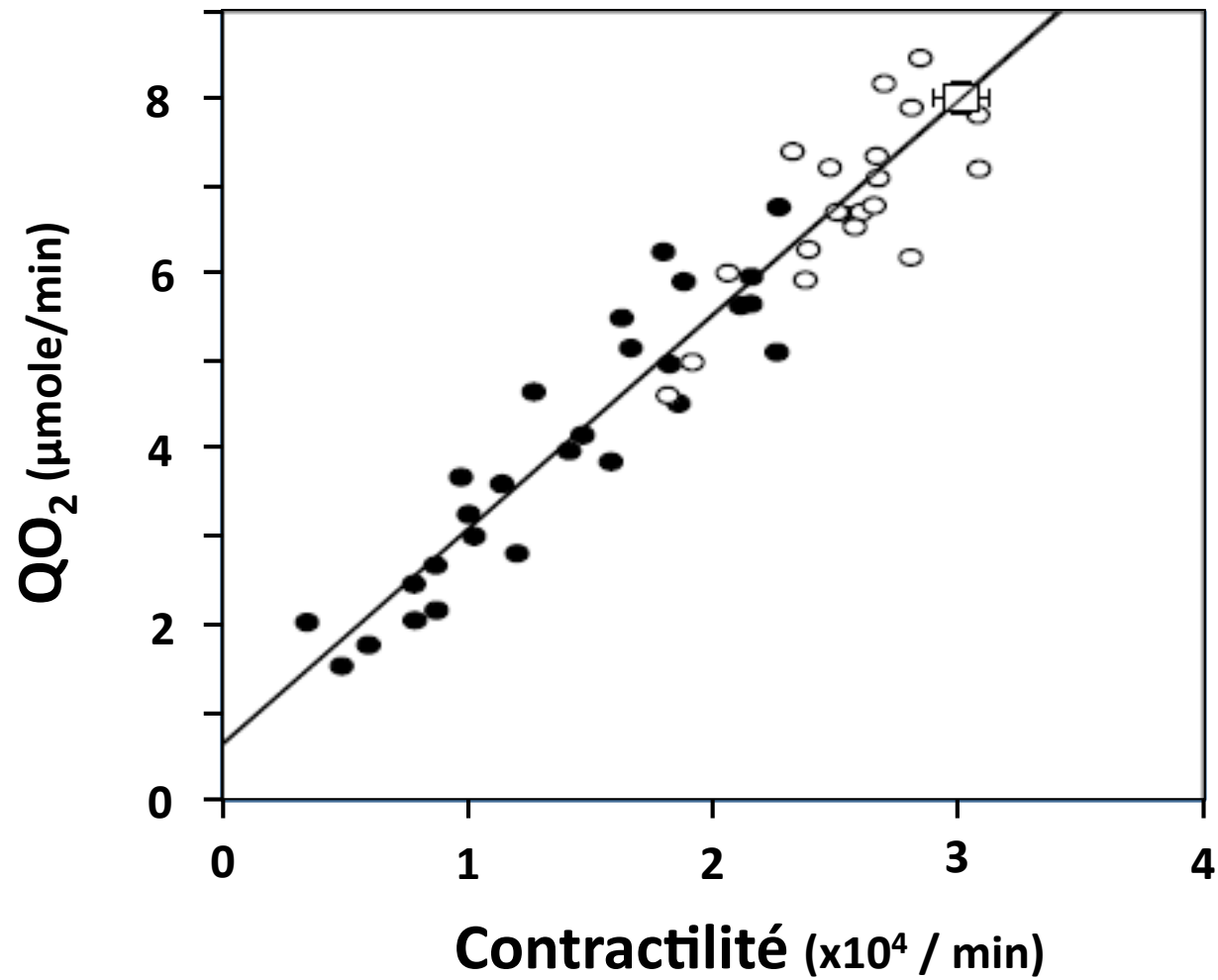
BILAN ENERGETIQUE

β -OXYDATION DES ACIDES GRAS (mitochondrie)

1 Acide gras (2n C) \longrightarrow n moles d'Acétyl CoA

	n Acétyl CoA	\longrightarrow	n * 12 ATP
(n-1) tours d'hélice	(n-1) FADH ₂	\longrightarrow	(n-1) * 2 ATP
	(n-1) NADH	\longrightarrow	(n-1) * 3 ATP
<p>Activation initiale : - 2 liaisons à haut potentiel énergétique (ATP \longrightarrow AMP + 2 Pi)</p>			
<p>BILAN ENERGETIQUE : (17n - 7) ATP /mol acides gras (2n atomes de C)</p>			
<p>Acide Palmitique (16 C) + 23 O₂ \longrightarrow 16 CO₂ + 16 H₂O</p>			
<p>$\Delta G'^{\circ} = - 2340$ Kcal/mol</p>			
<p>Nombre d'ATP :</p>			
<p>(17*8 - 7) = 129 ATP</p>		<p>Rendement : $\frac{129 * 7,3}{2340} * 100 = 40 \%$</p>	

Relation entre travail et consommation d'oxygène

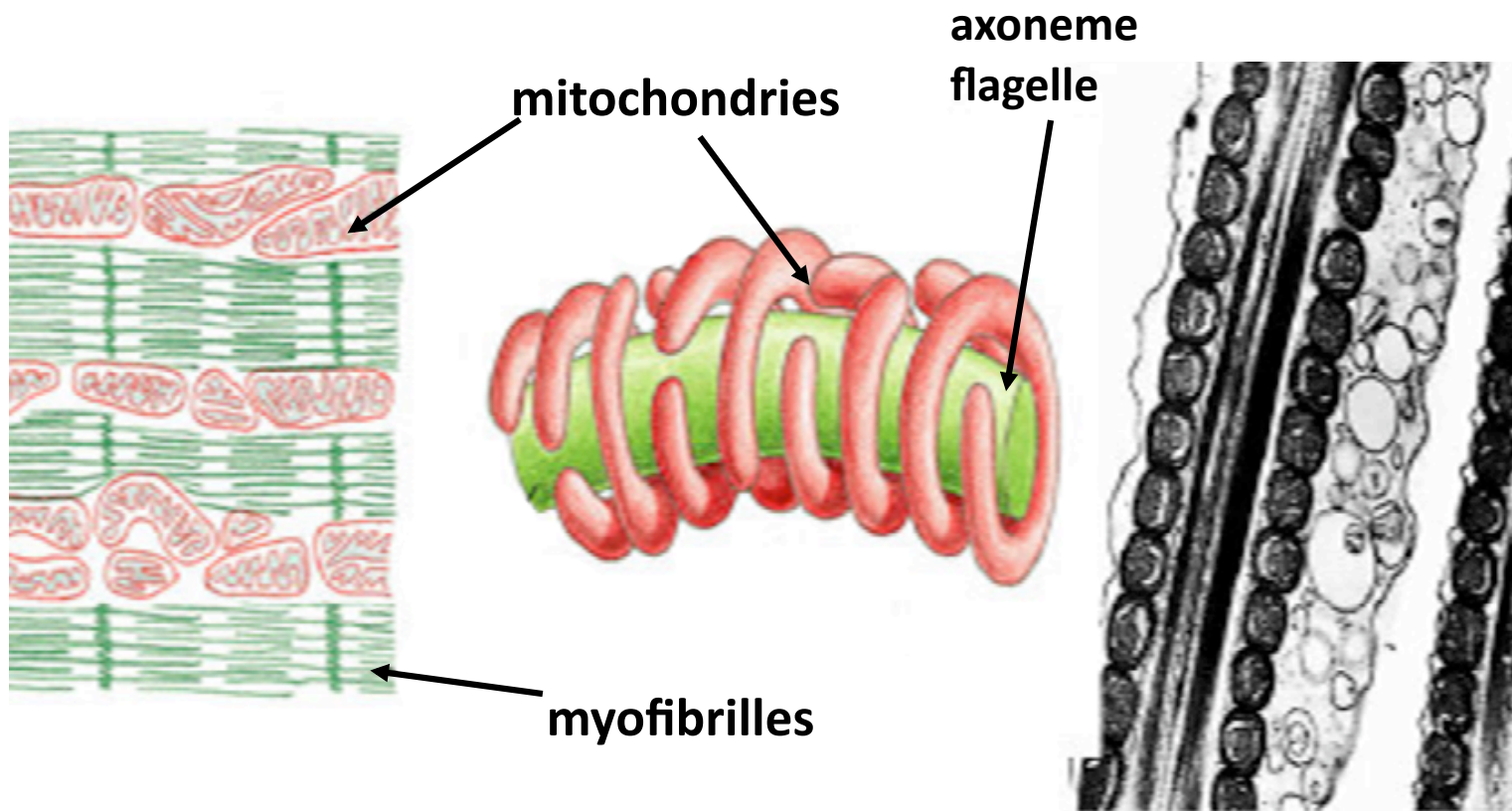
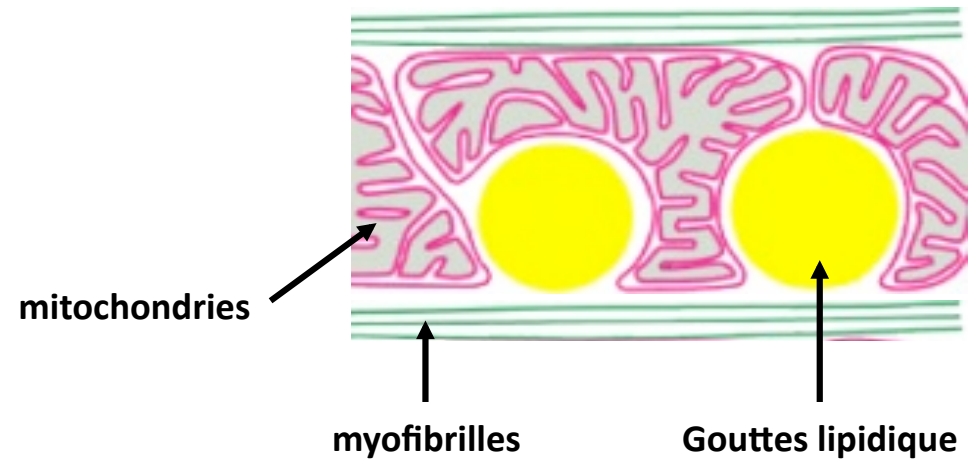


Consommation d'oxygène du myocarde

Substrat	Rdt global en ATP de l'oxydation d'une molécule de substrat	ATP formé/ atomes d'O ₂ consommés	Atomes d'O ₂ consommés par mol. de substrat
Glucose	36	3.0	12
Lactate	18	3.0	6
{ Acide gras (ex. palmitate)	129	2.6	50 }

↳ *Utilisation préférentielle des acides gras* ⇨ *augmentation de consommation d'oxygène du myocarde*

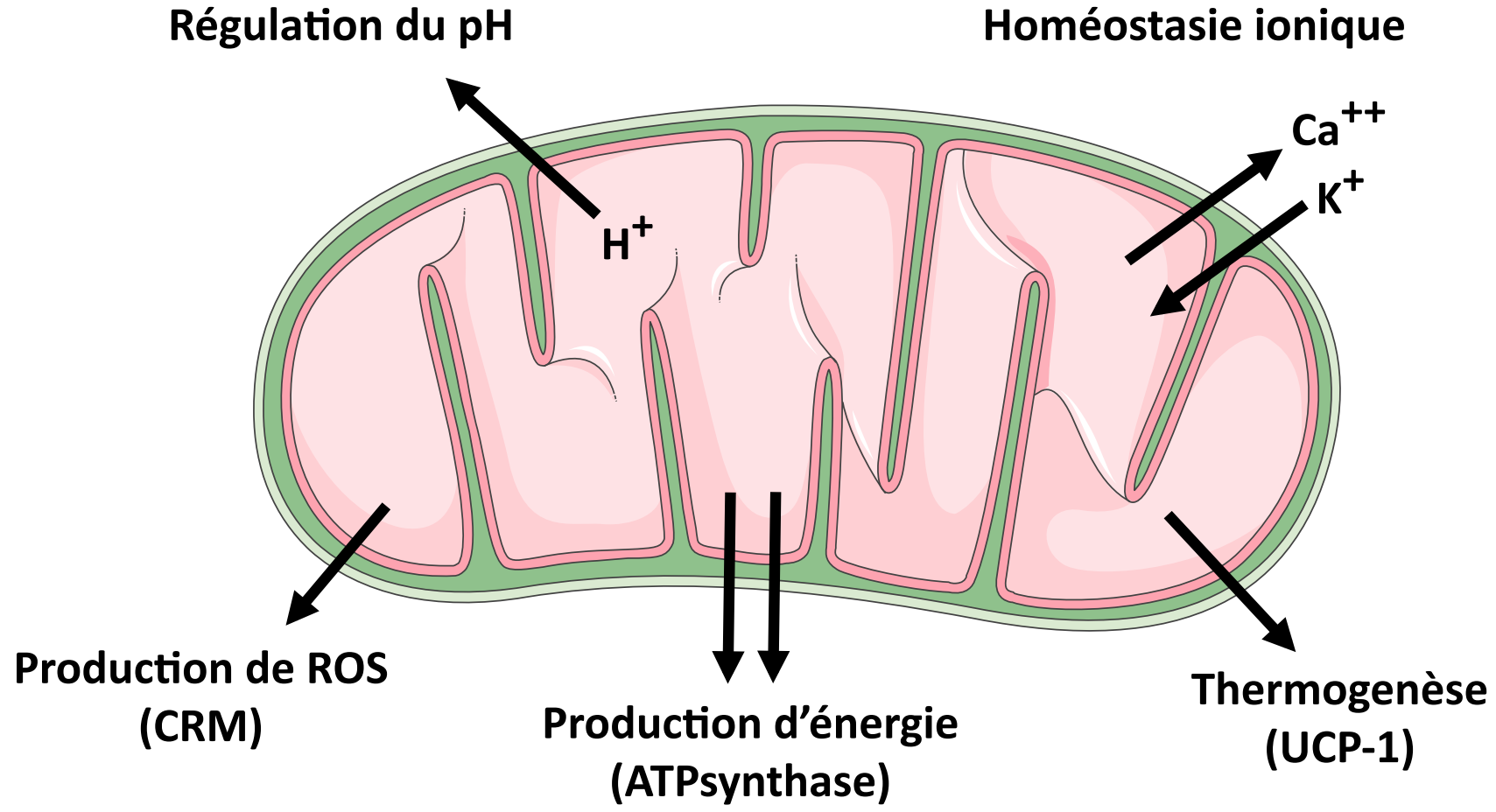
Organisation des mitochondries



Muscle cardiaque

Flagelle spermatozoïde

La mitochondrie : carrefour de la vie de la cellule



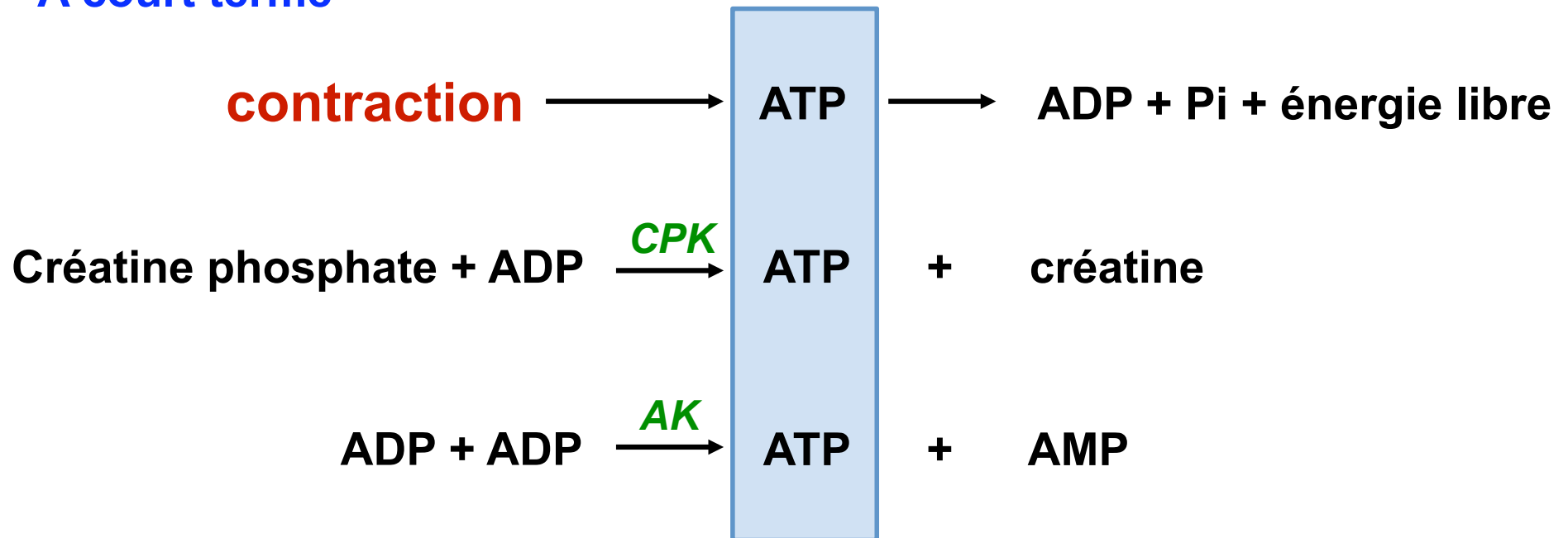
LE METABOLISME CARDIAQUE

Le cœur contient environ **3 mg d'ATP / g de tissu** + pool de créatine phosphate

→ Réserve d'énergie pour **50 à 75 battements cardiaques** chez l'adulte

→ Nécessité d'un réapprovisionnement permanent des stocks d'ATP

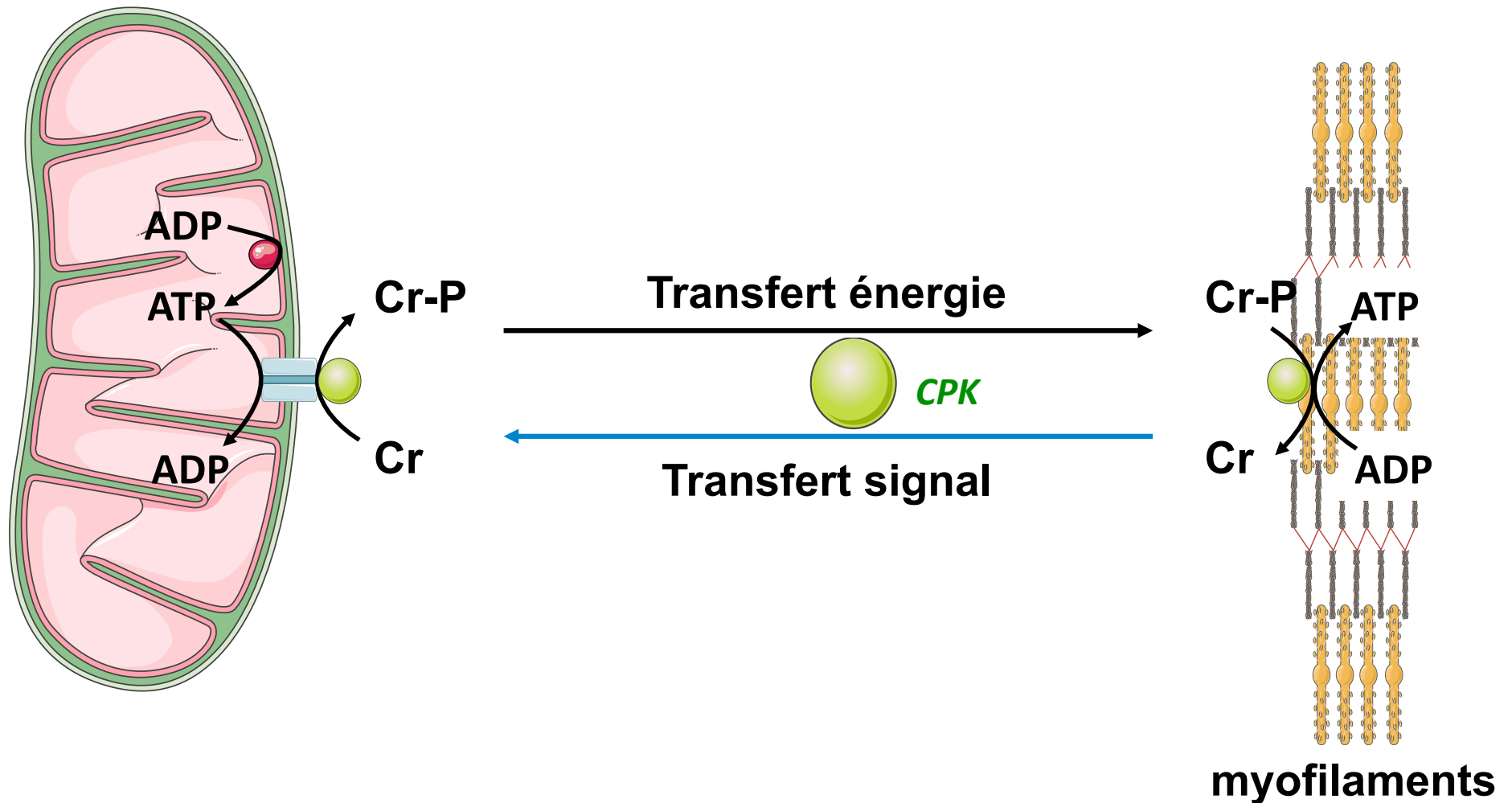
A court terme



CPK = créatine phosphokinase

AK = Adenylate kinase

Circuit cardiaque de l'énergie

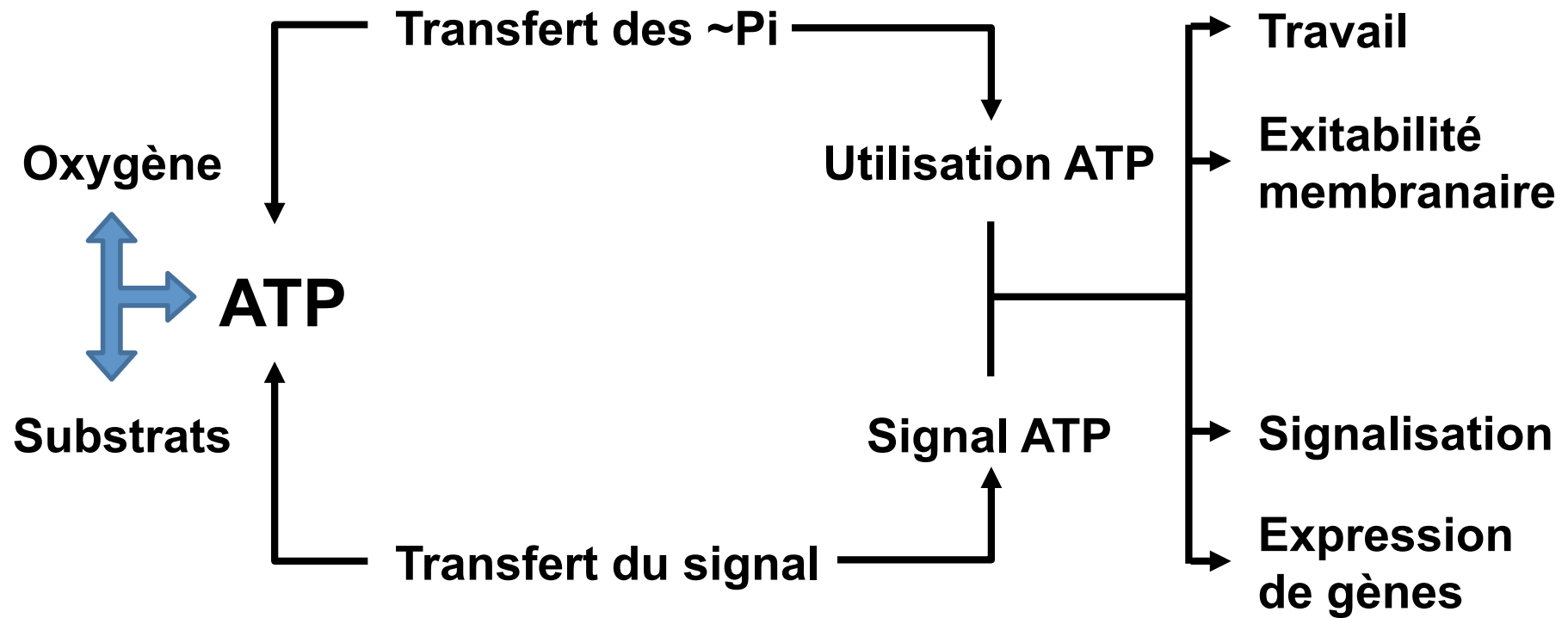


● ATP synthase

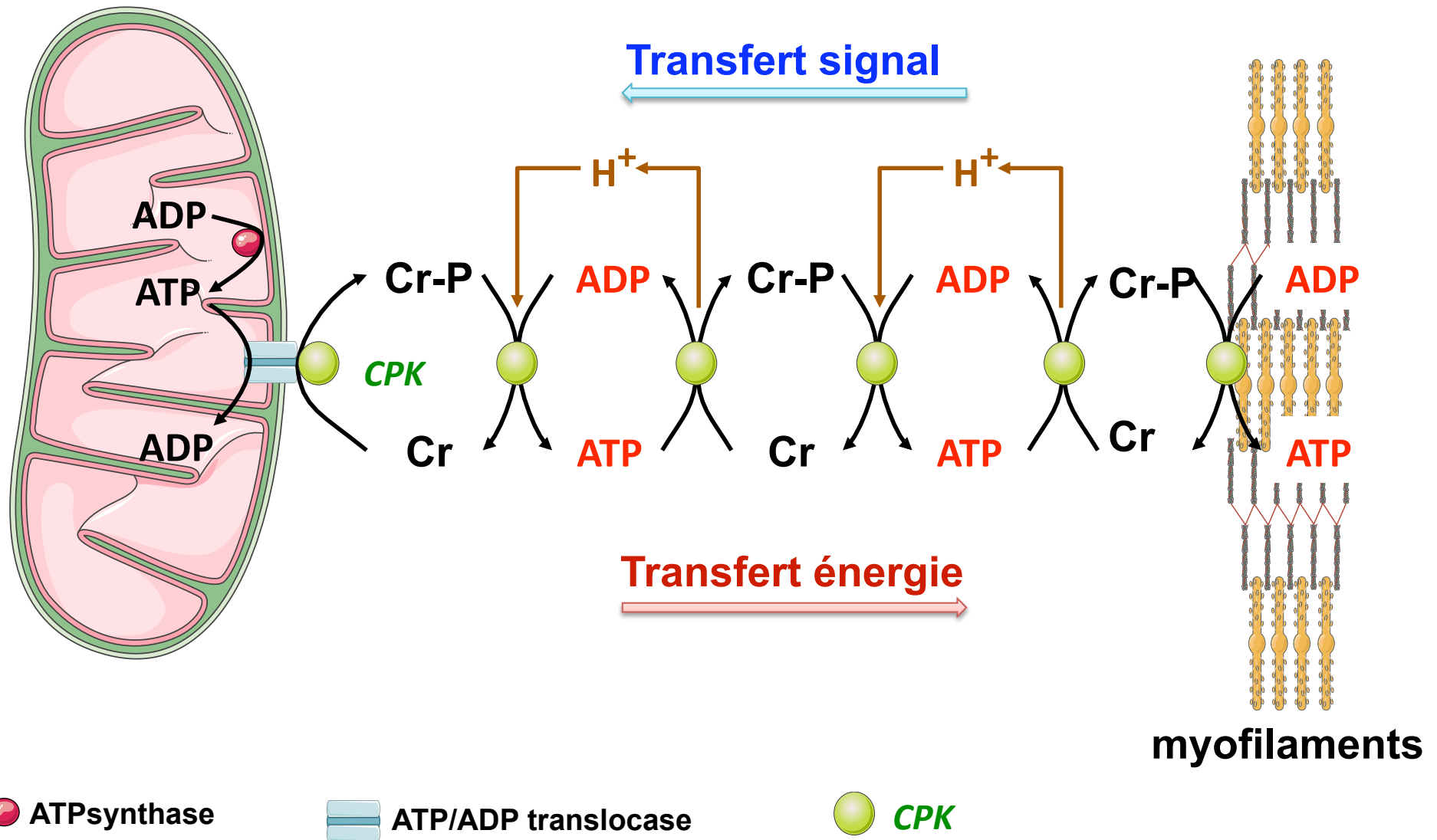
▬ ATP/ADP translocase

● CPK

Cycle bioénergétique cardiaque



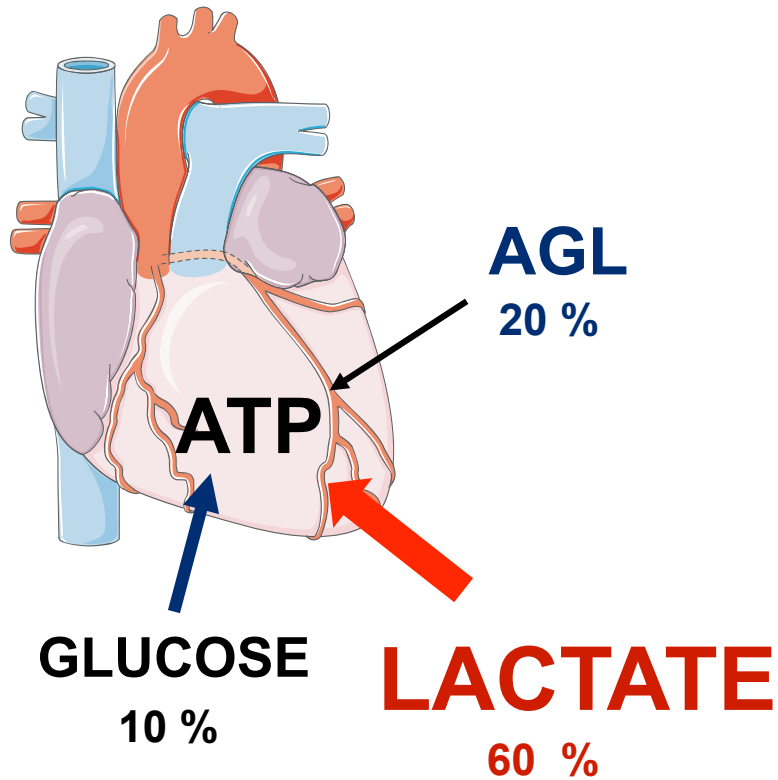
Circuit cardiaque de l'énergie



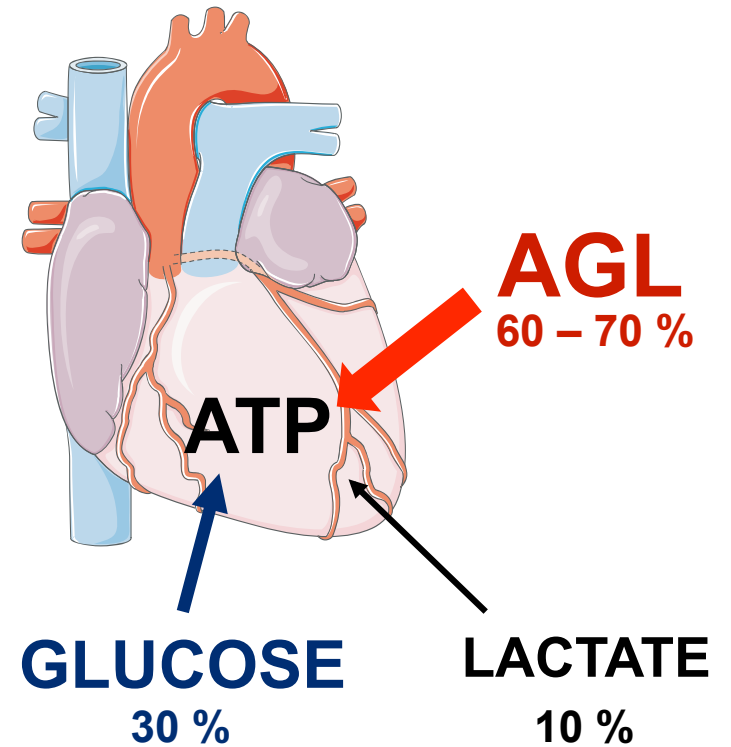
LE METABOLISME CARDIAQUE

A long terme

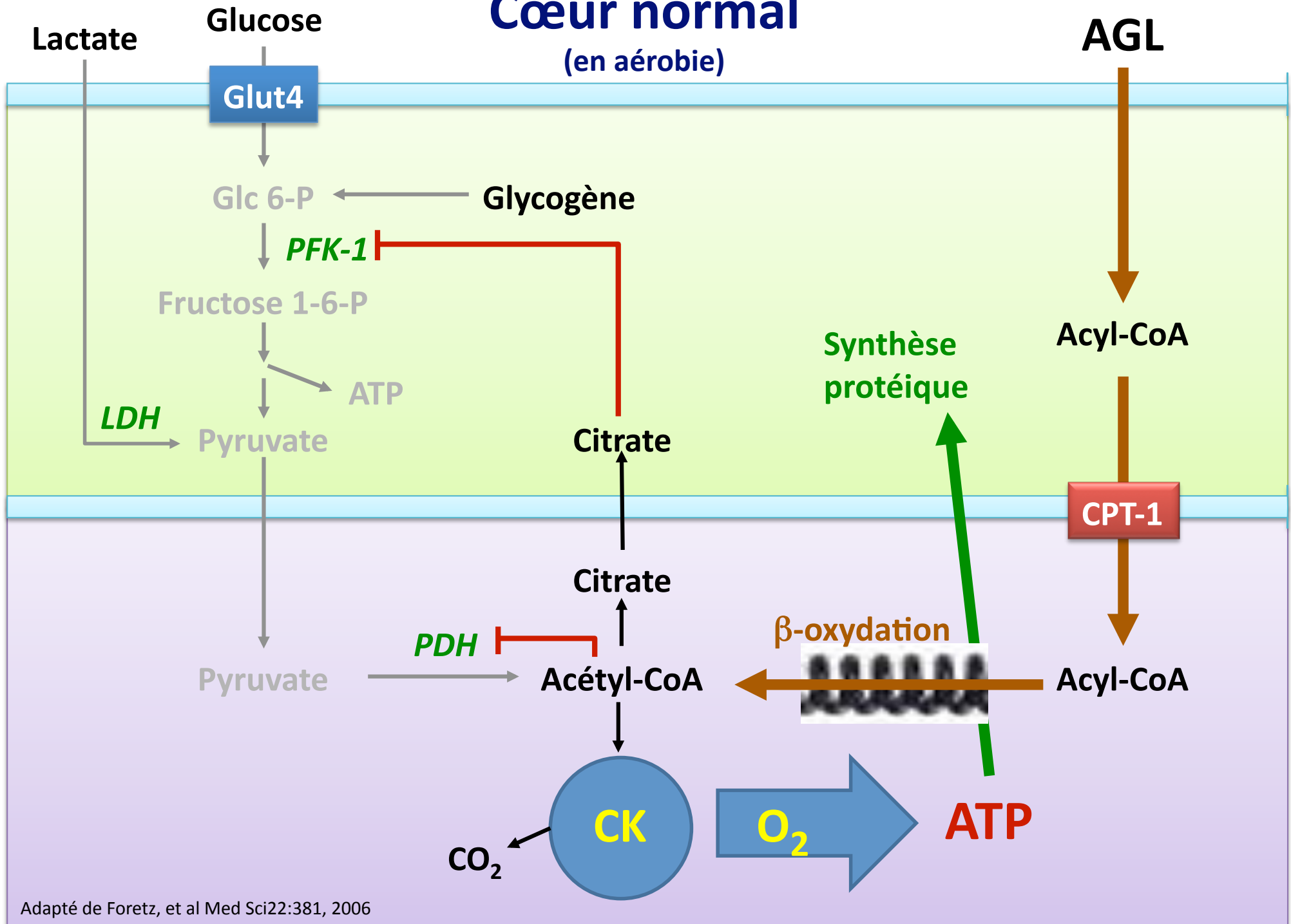
EXERCICE MUSCULAIRE



REPOS

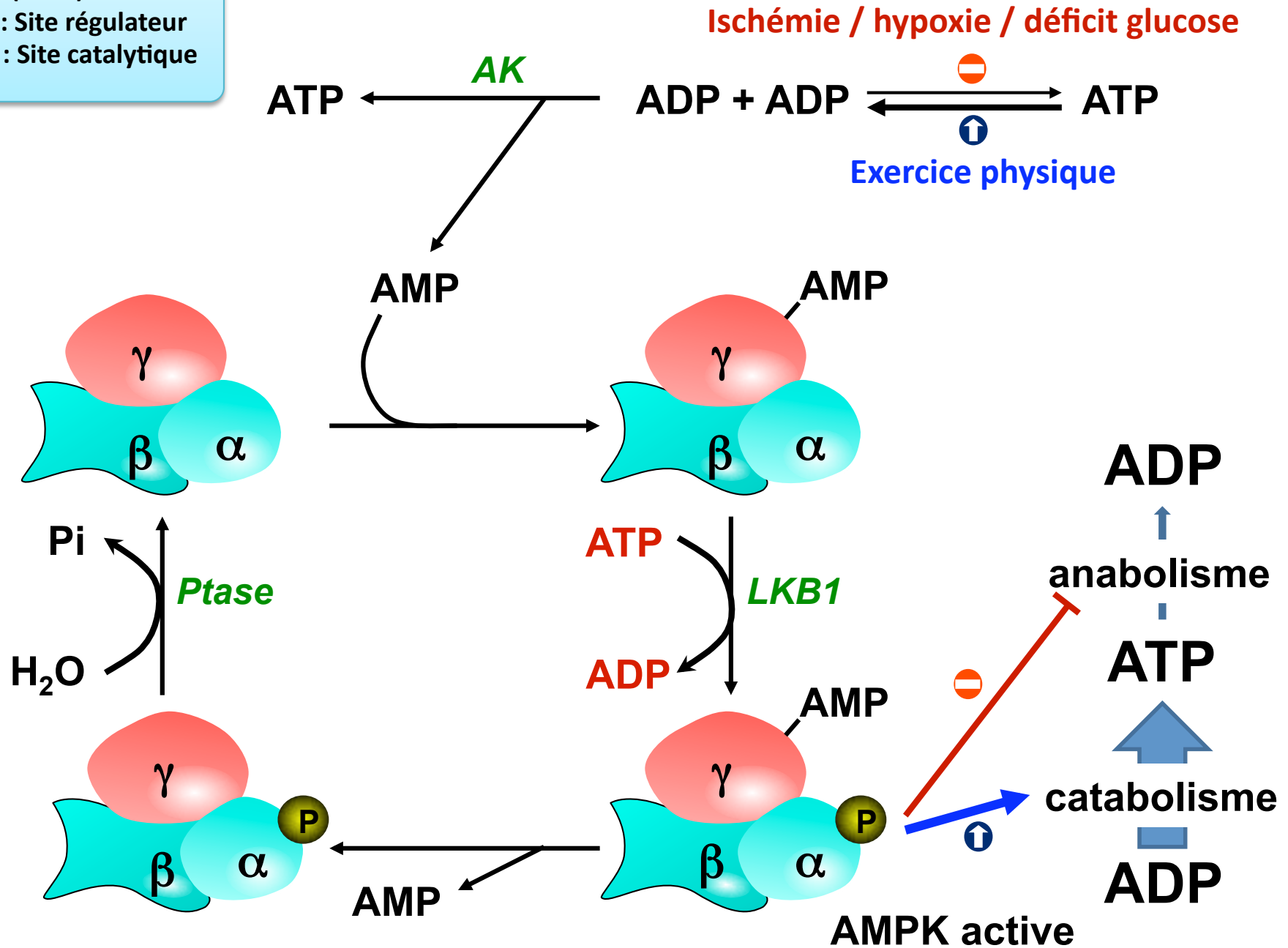


Cœur normal (en aérobie)



Activation de l'AMPK

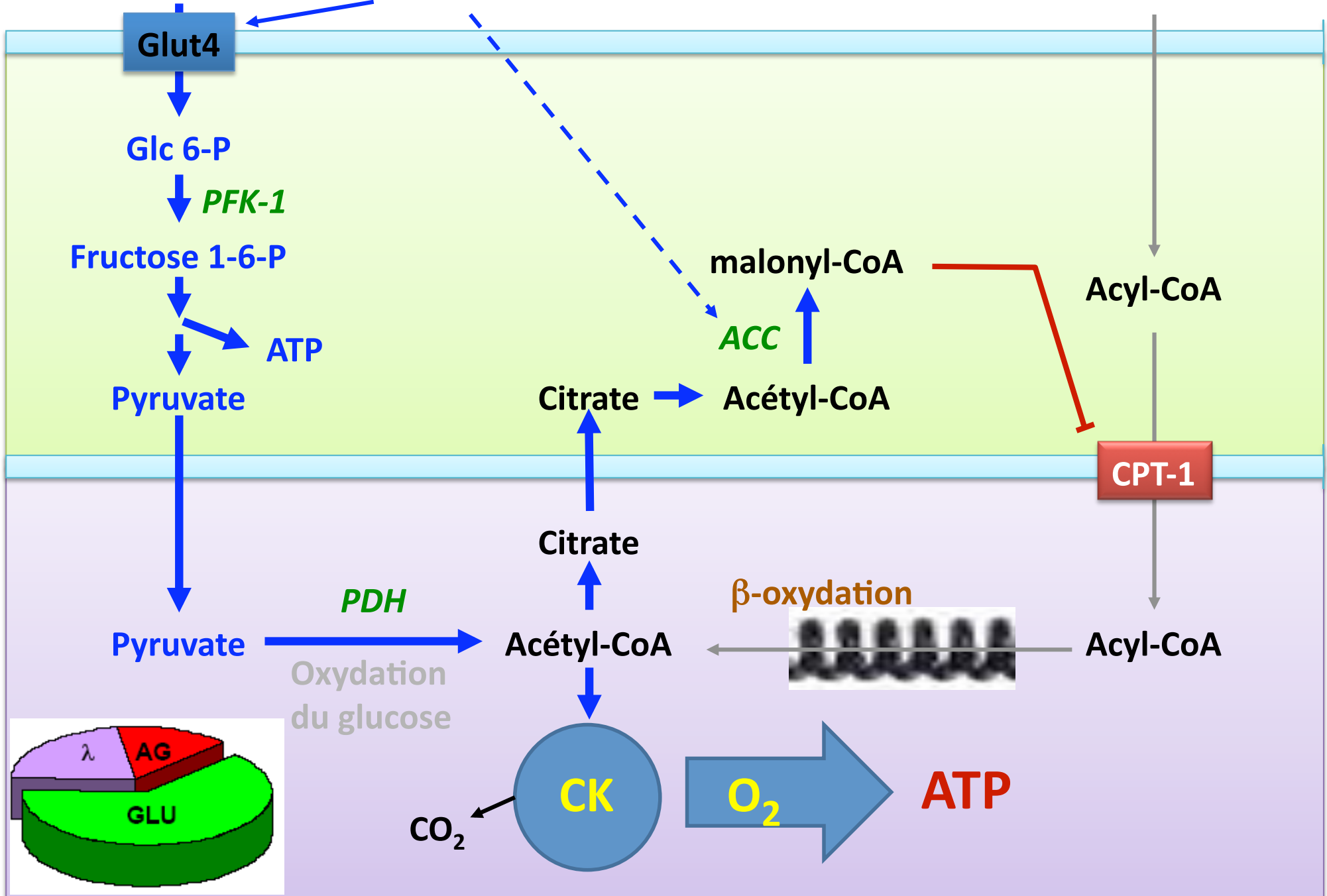
γ : Site allostérique (AMP)
 β : Site régulateur
 α : Site catalytique

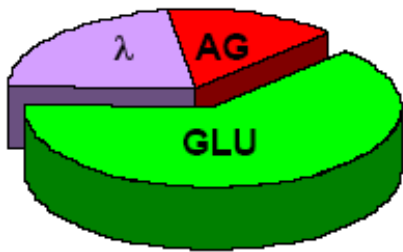


Glucose

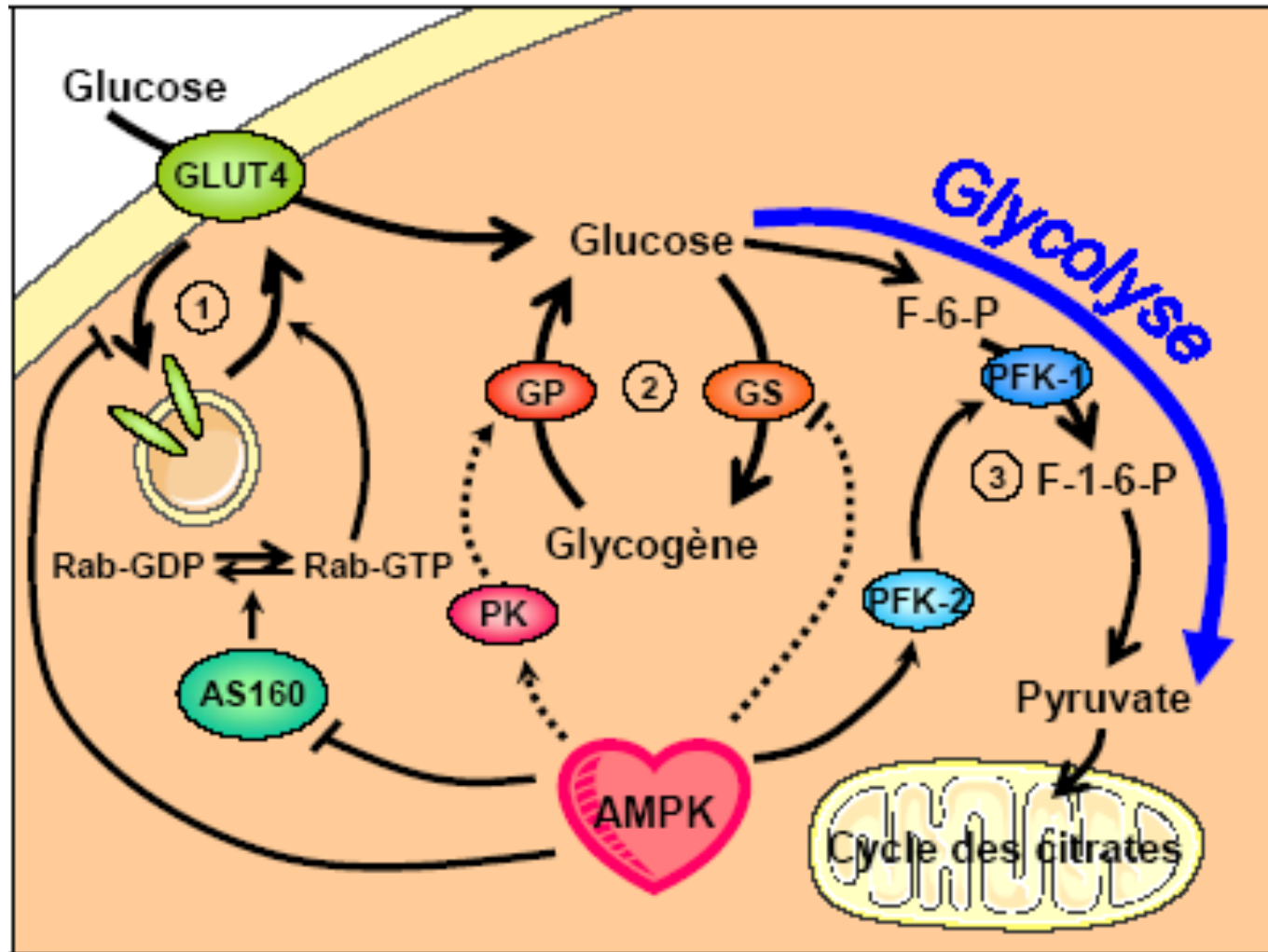
Apport glucidique

AGL





Apport glucidique



L'AMPK activée :

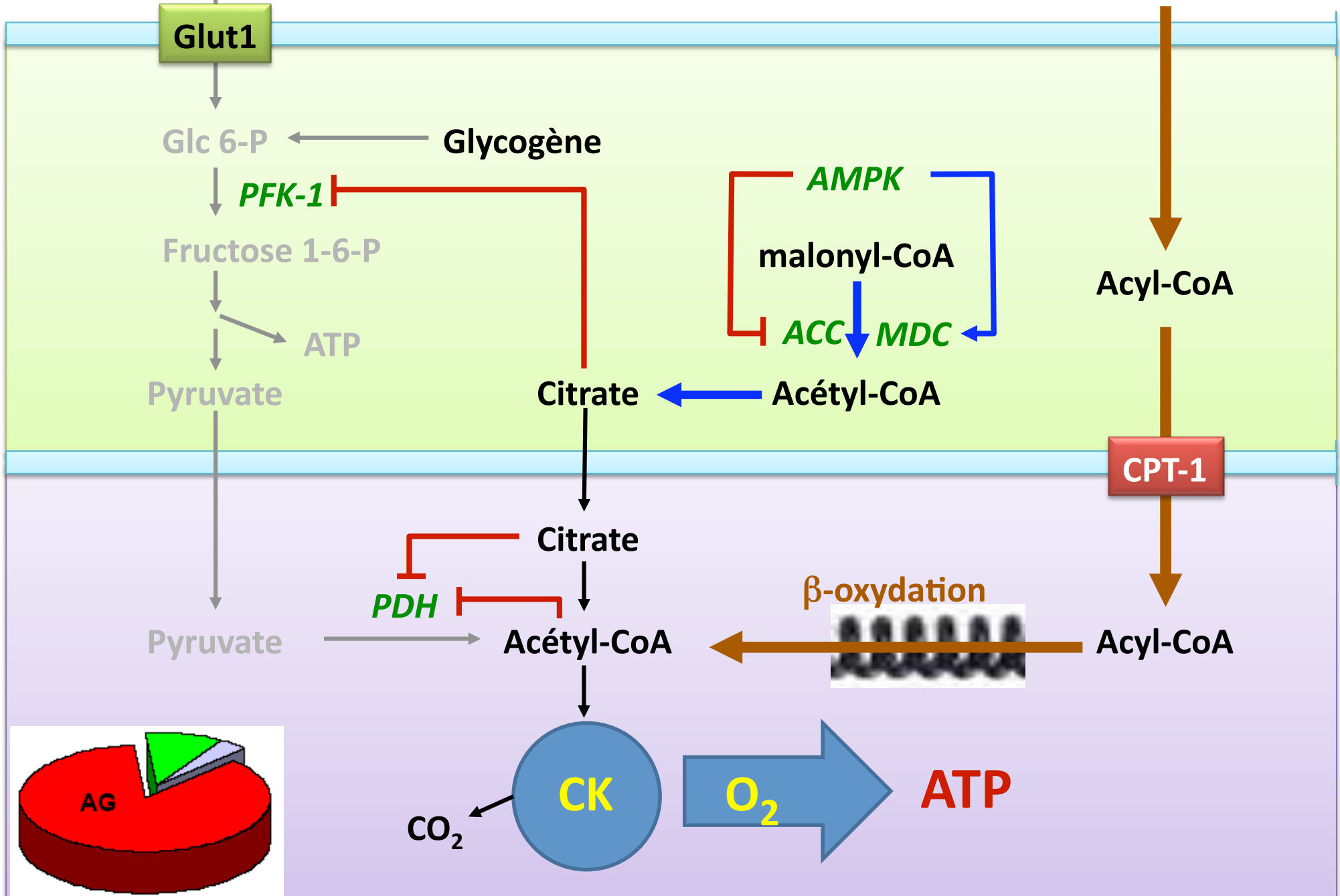
augmente la quantité de transporteur GLUT4 à la membrane

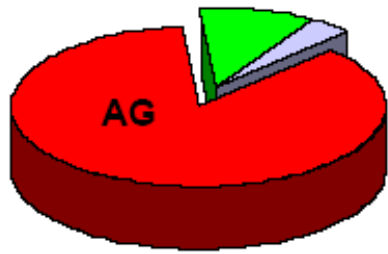
diminue la synthèse de glycogène par l'inhibition de la GS activation PK et GP

augmente la glycolyse en augmentant concentration en F-2,6-diP

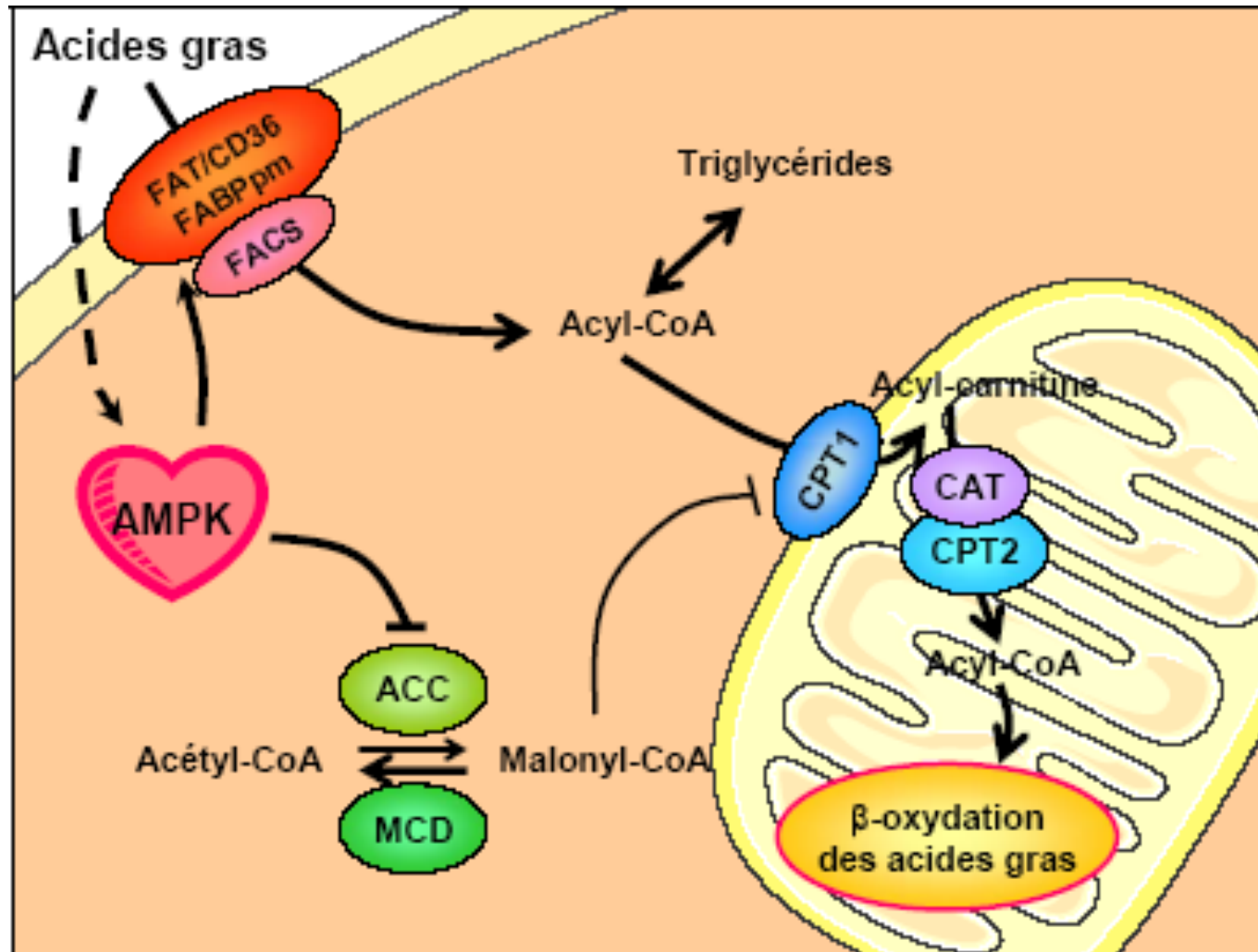
A jeûn ou apport lipidique

AGL





A jeûn ou apport lipidique



L'AMPK activée :

Réprime l'activité ACC / active la MCD → blocage lipogenèse

Favorise la lipolyse

Effets de l'AMPK sur l'utilisation de substrats énergétiques myocardiques

AMPK active la production de l'énergie :

Glycolyse

↑ | translocation / rétention (GLUT4)
à la membrane plasmique.

Oxydation des AG

↑ | augmentation recrutement LPL

↑ | translocation / rétention (FAT/CD36)
à la membrane plasmique.

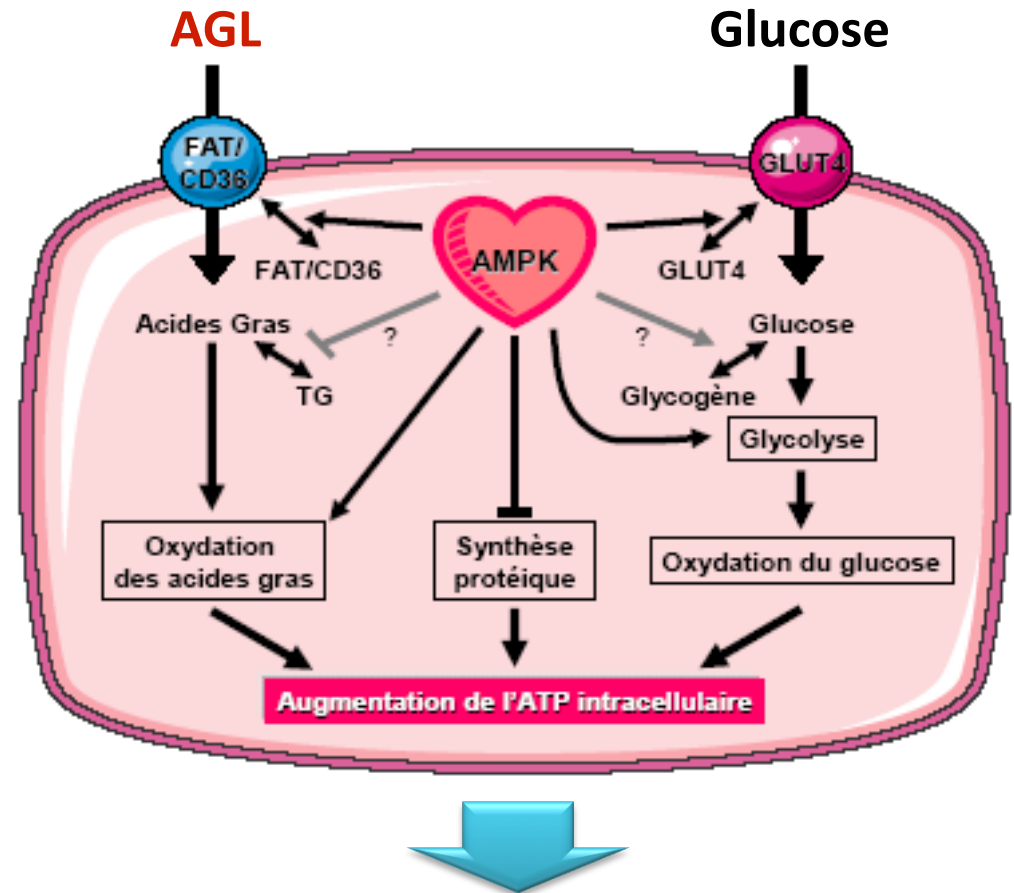
↑ | captation des AG

AMPK inhibe la voies consommation d'En

↓ | synthèse de glycogène

↓ | synthèse des TG

↓ | synthèse protéique

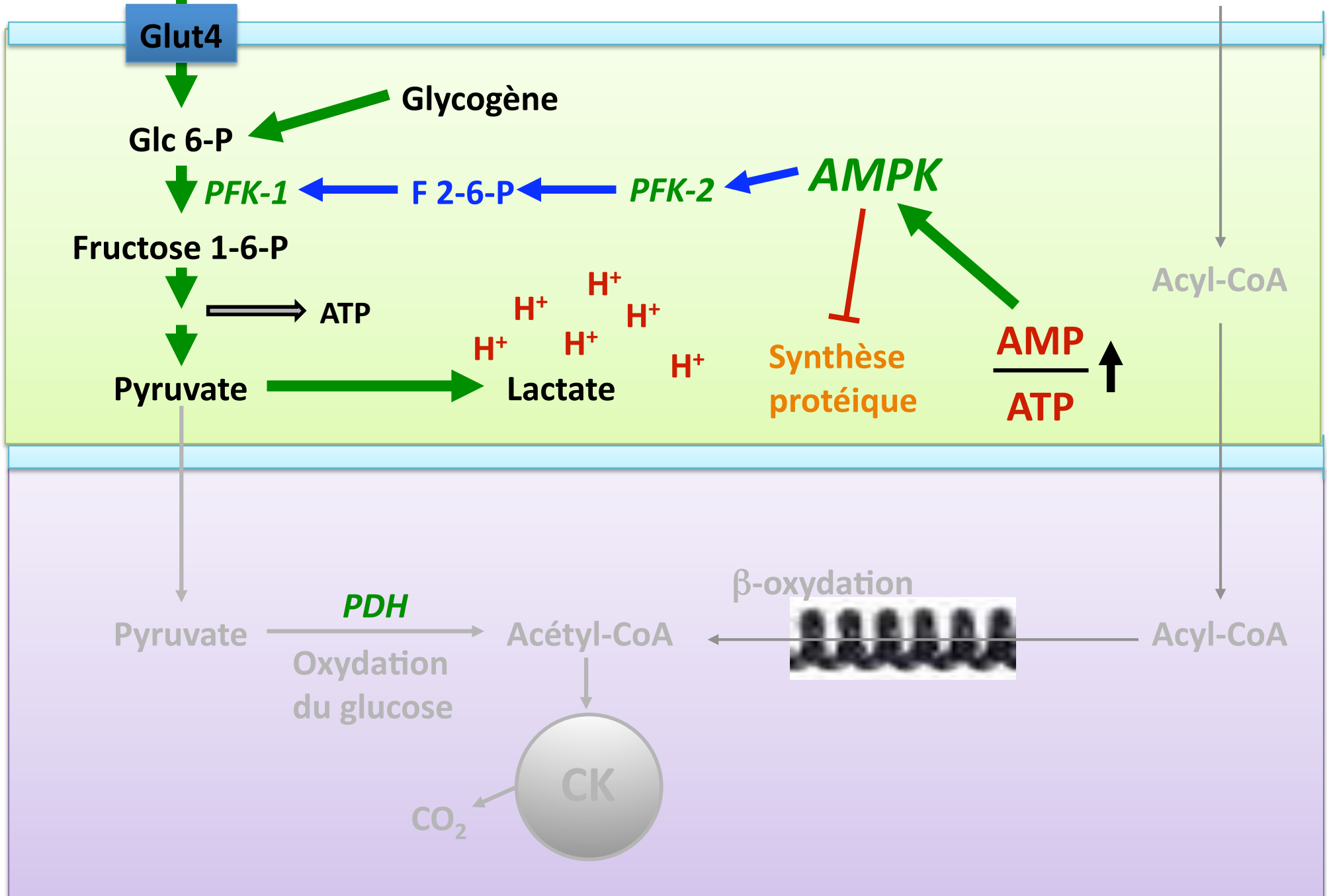


La fonction de l'AMPK est de restaurer le niveau d'ATP intracardiomyocyte

Glucose

Cœur ischémique

AGL



Glucose

Cœur en reperfusion

AGL

