

Métabolisme énergétique

Intégration, régulation, spécialisation d'organe

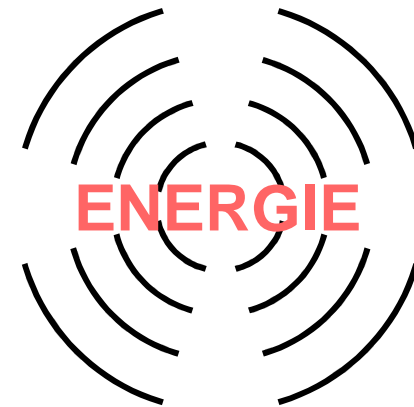
Pr Eric Fontaine

Clinique de Nutrition Artificielle - CHU de Grenoble

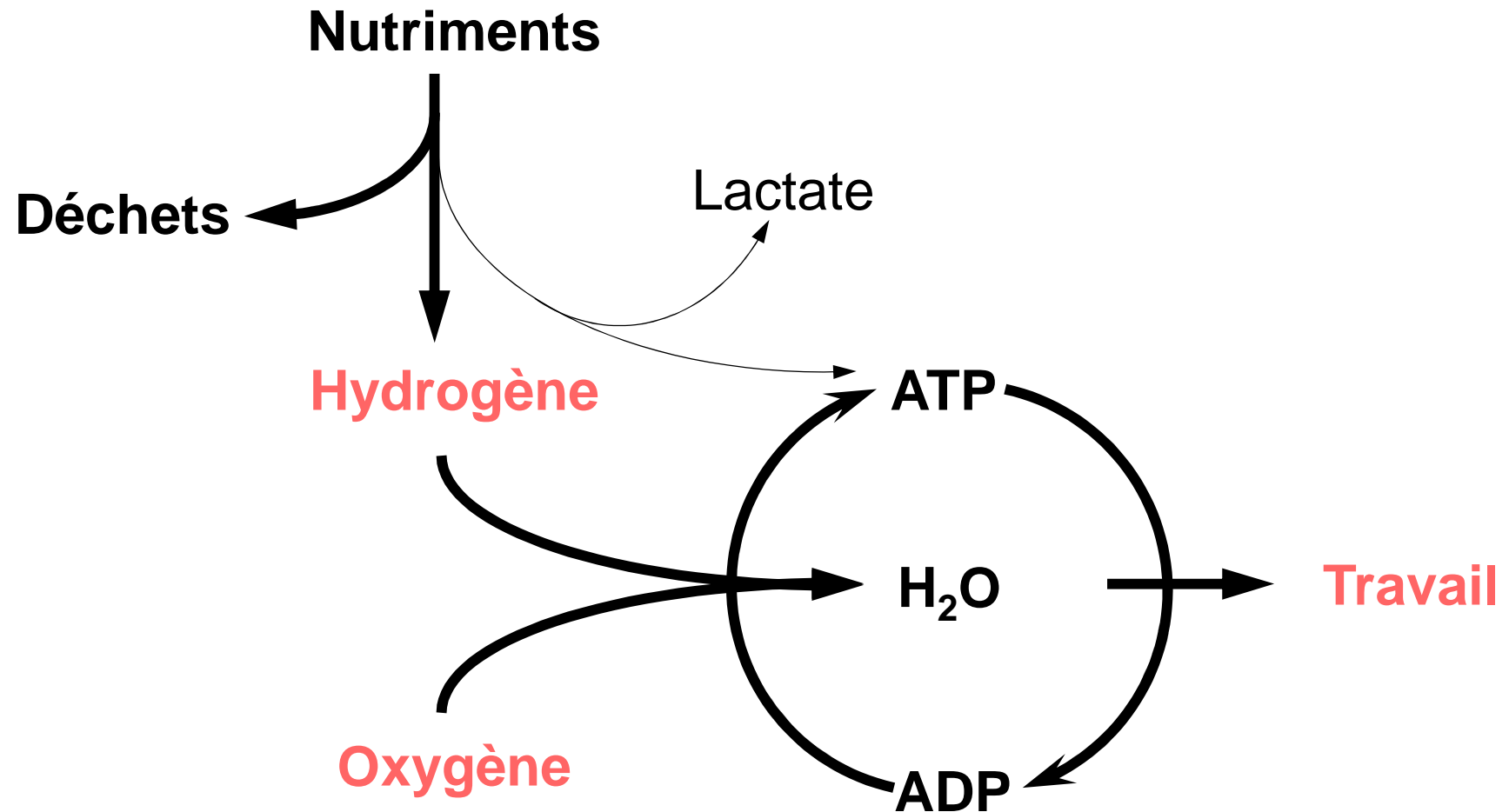
INSERM U1055 - Université Joseph Fourier - Grenoble

Une petite expérience

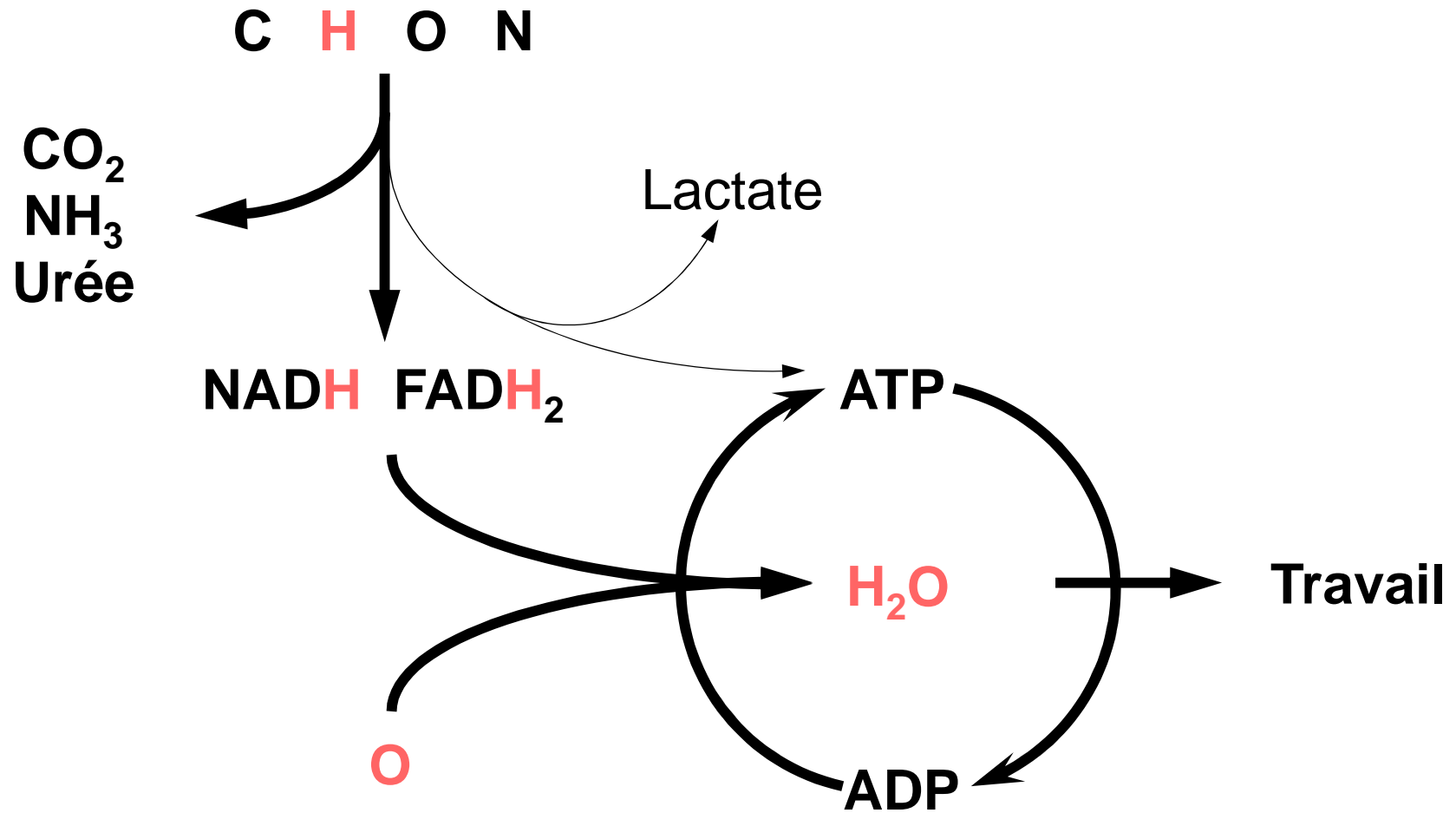
Hydrogène + Oxygène \longrightarrow **Eau +**

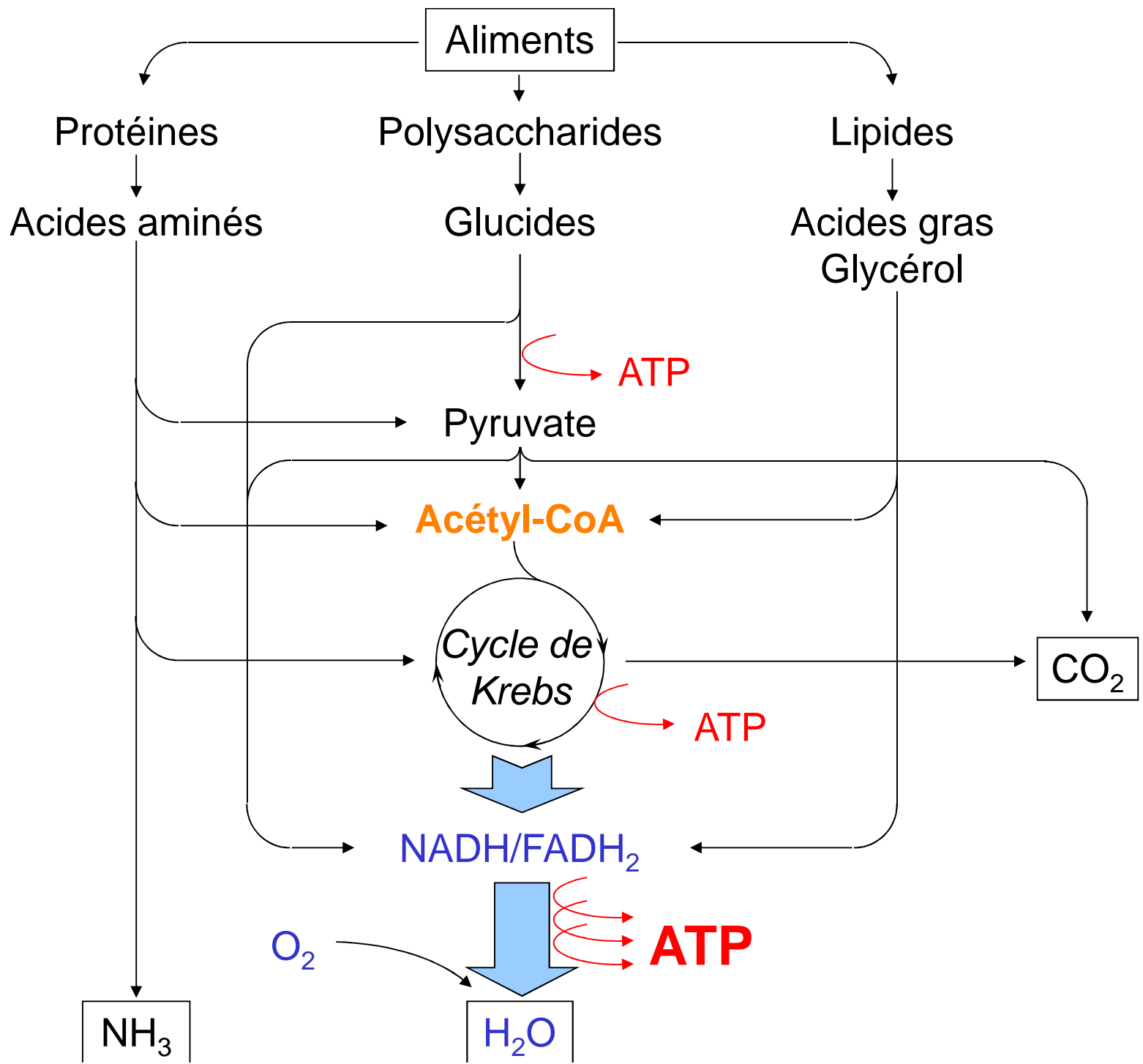


Alimentation-Respiration

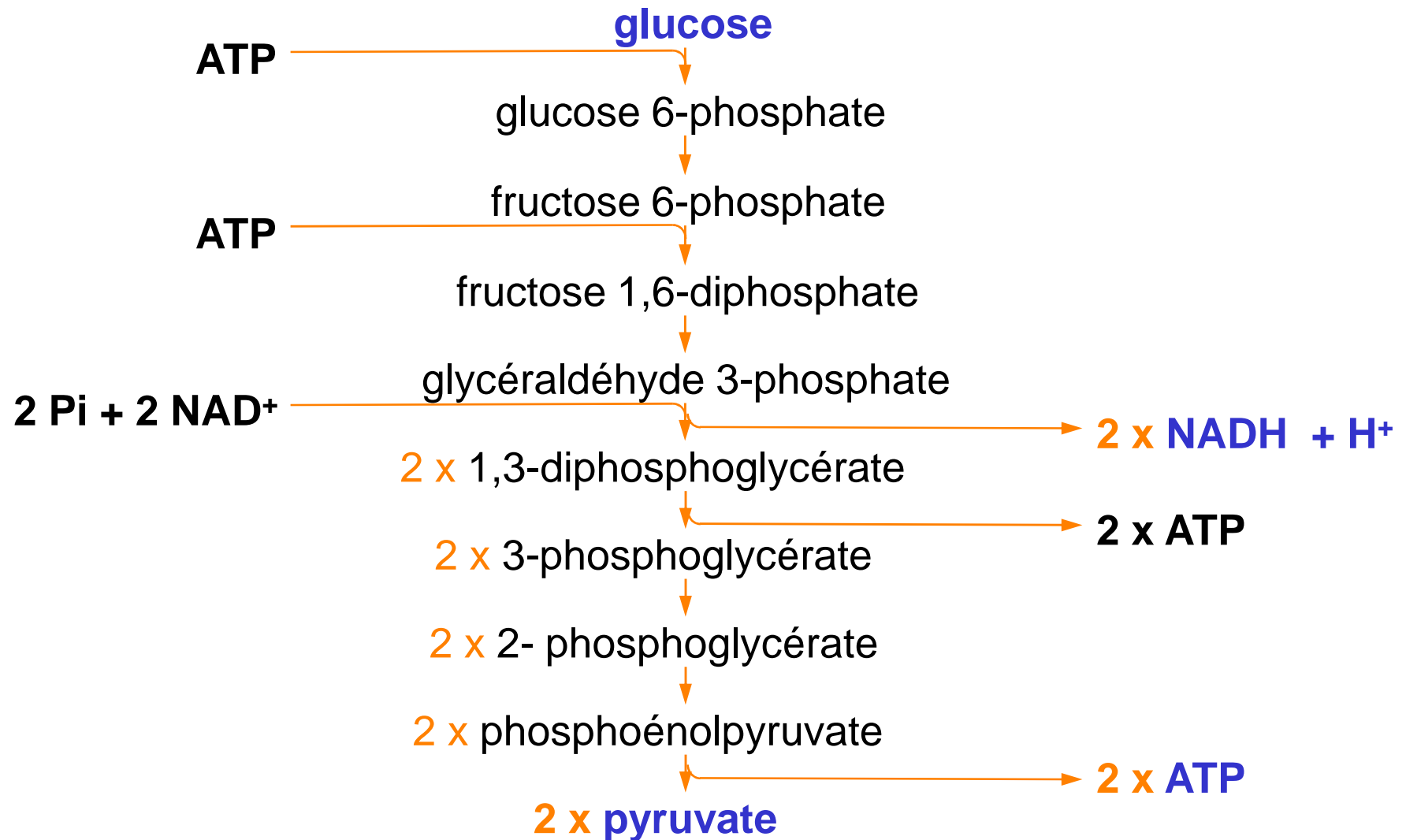


Métabolisme énergétique





Glycolyse



Glycolyse

1 x glucose

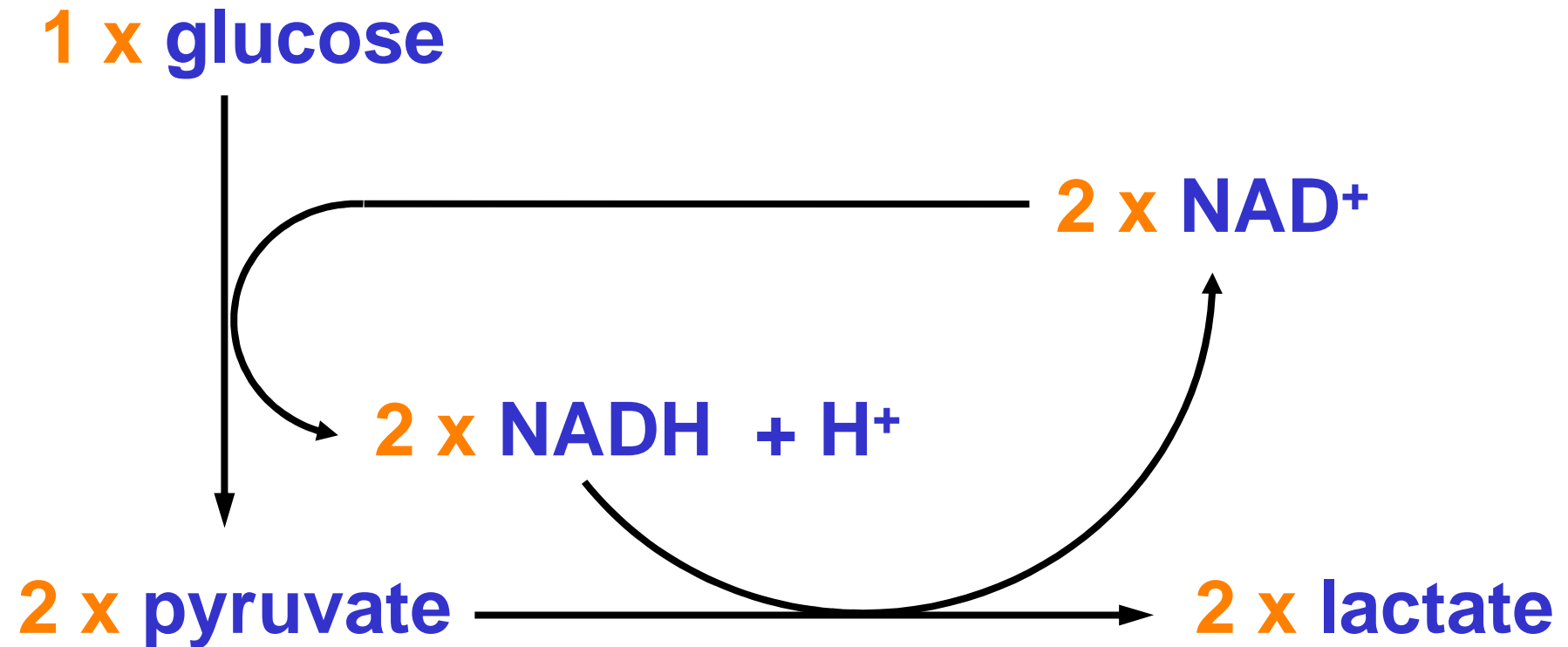


2 x pyruvate

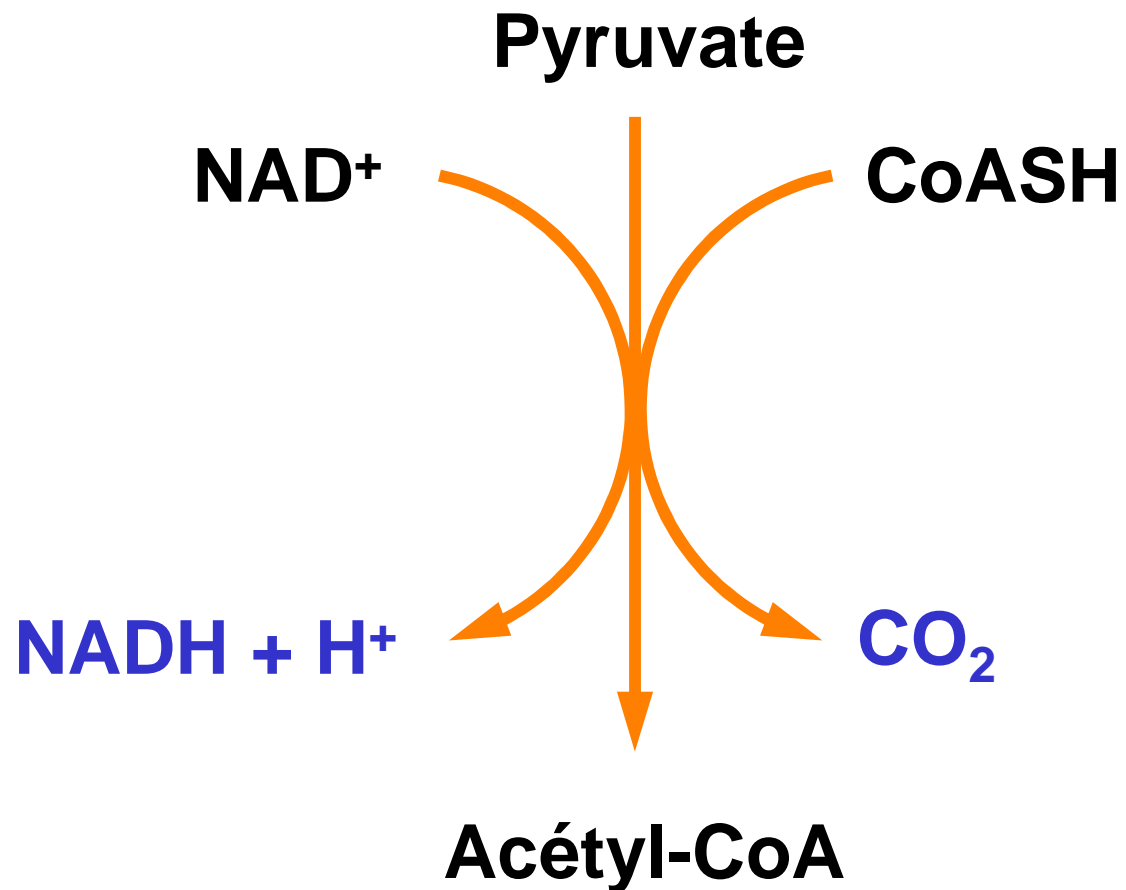
2 x NADH + H⁺

2 x ATP

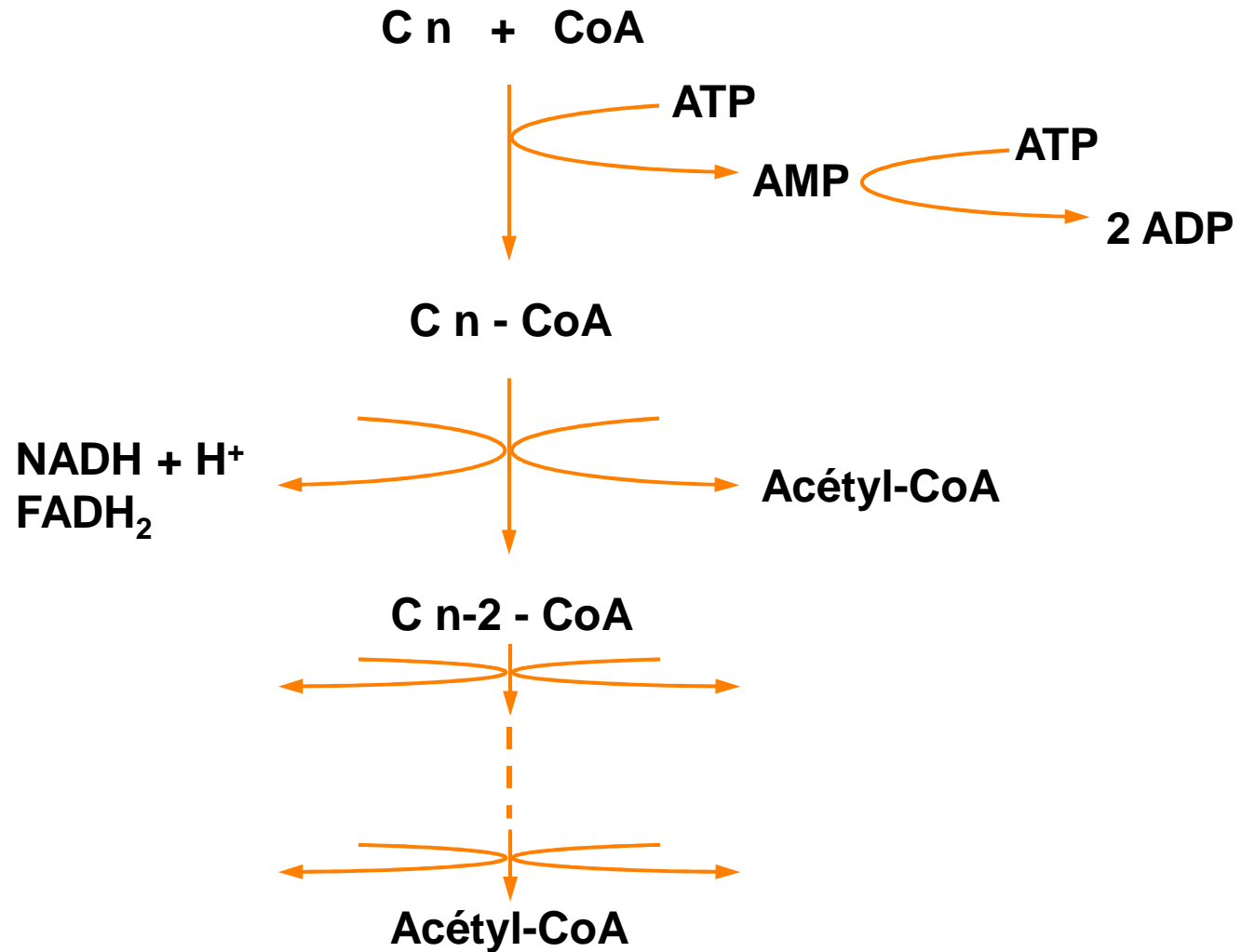
Glycolyse et potentiel Redox



Pyruvate deshydrogenase



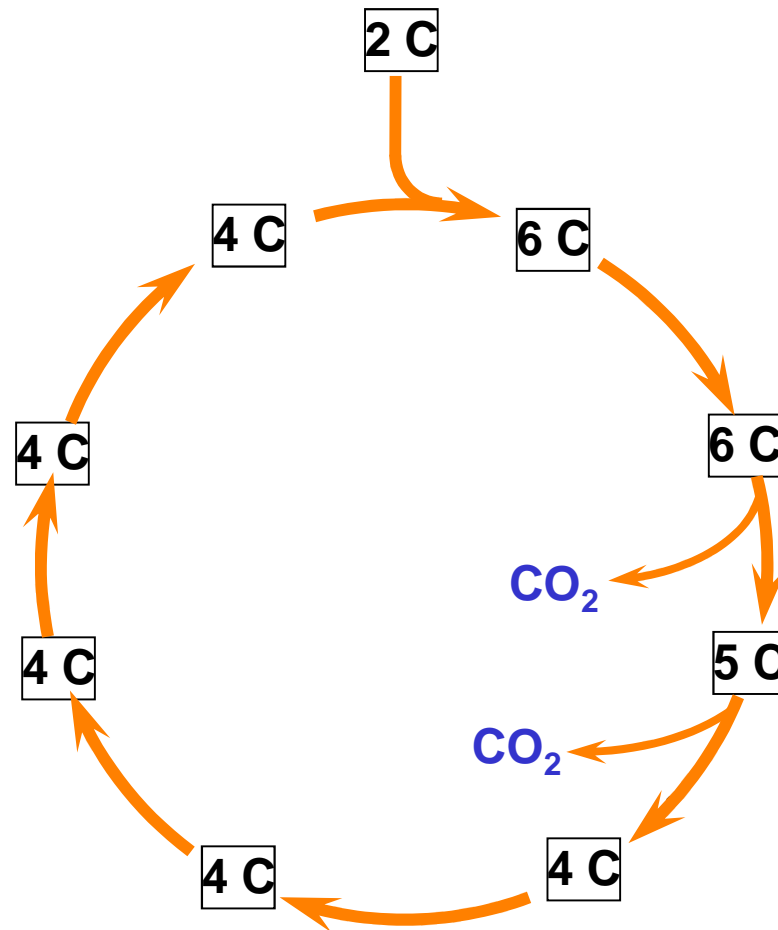
Béta-oxydation



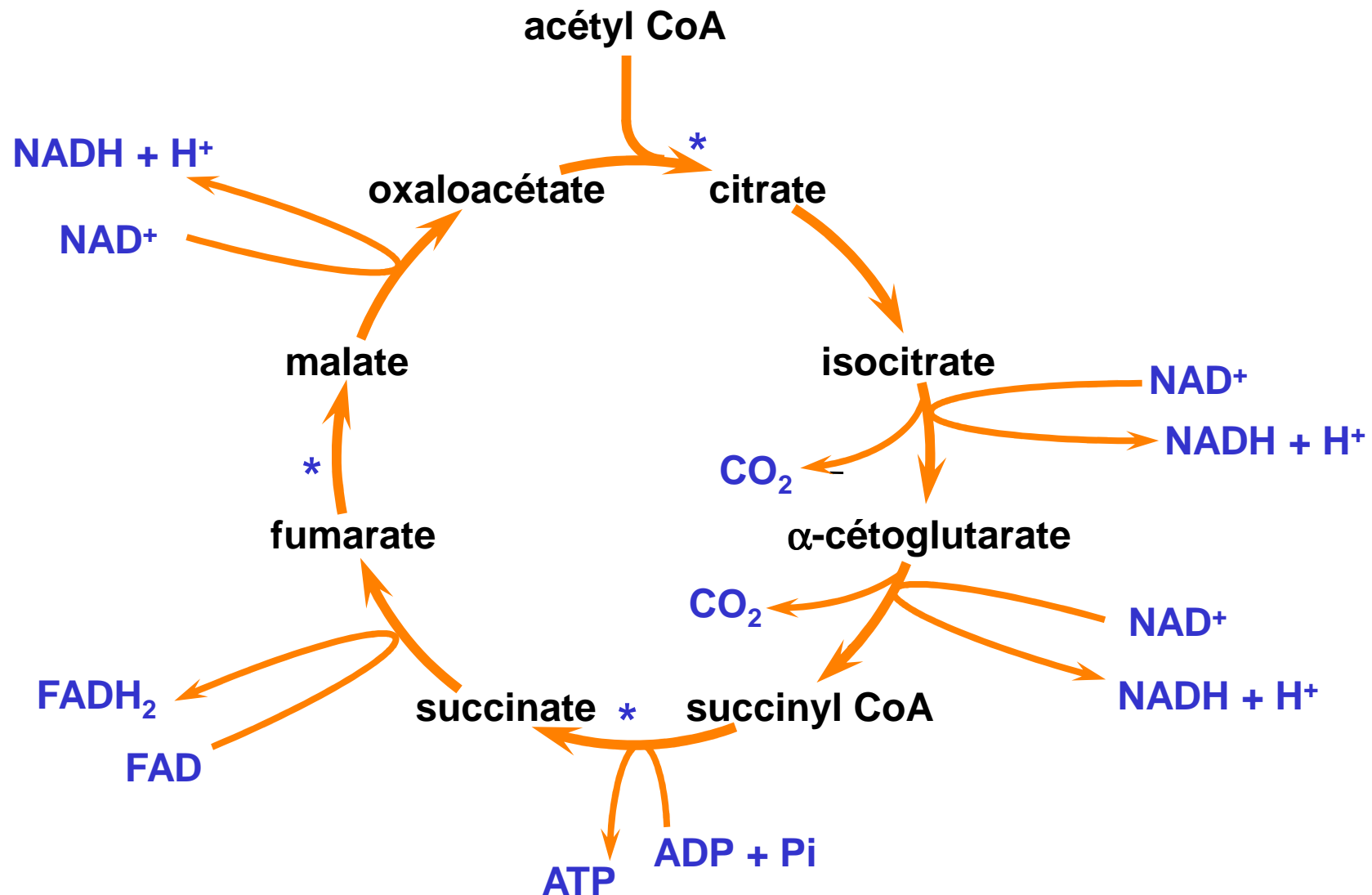
Béta-oxydation



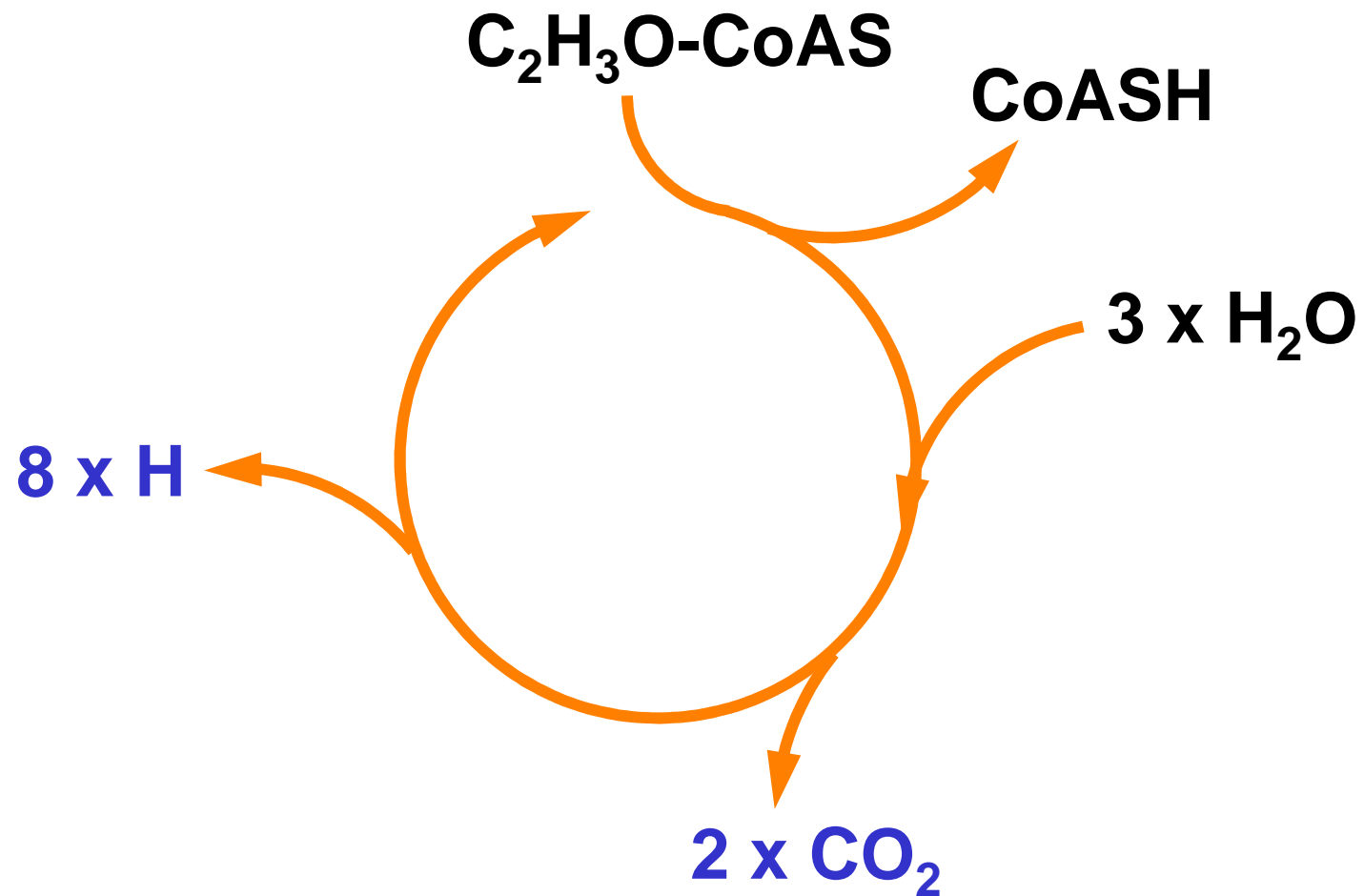
Le cycle de Krebs



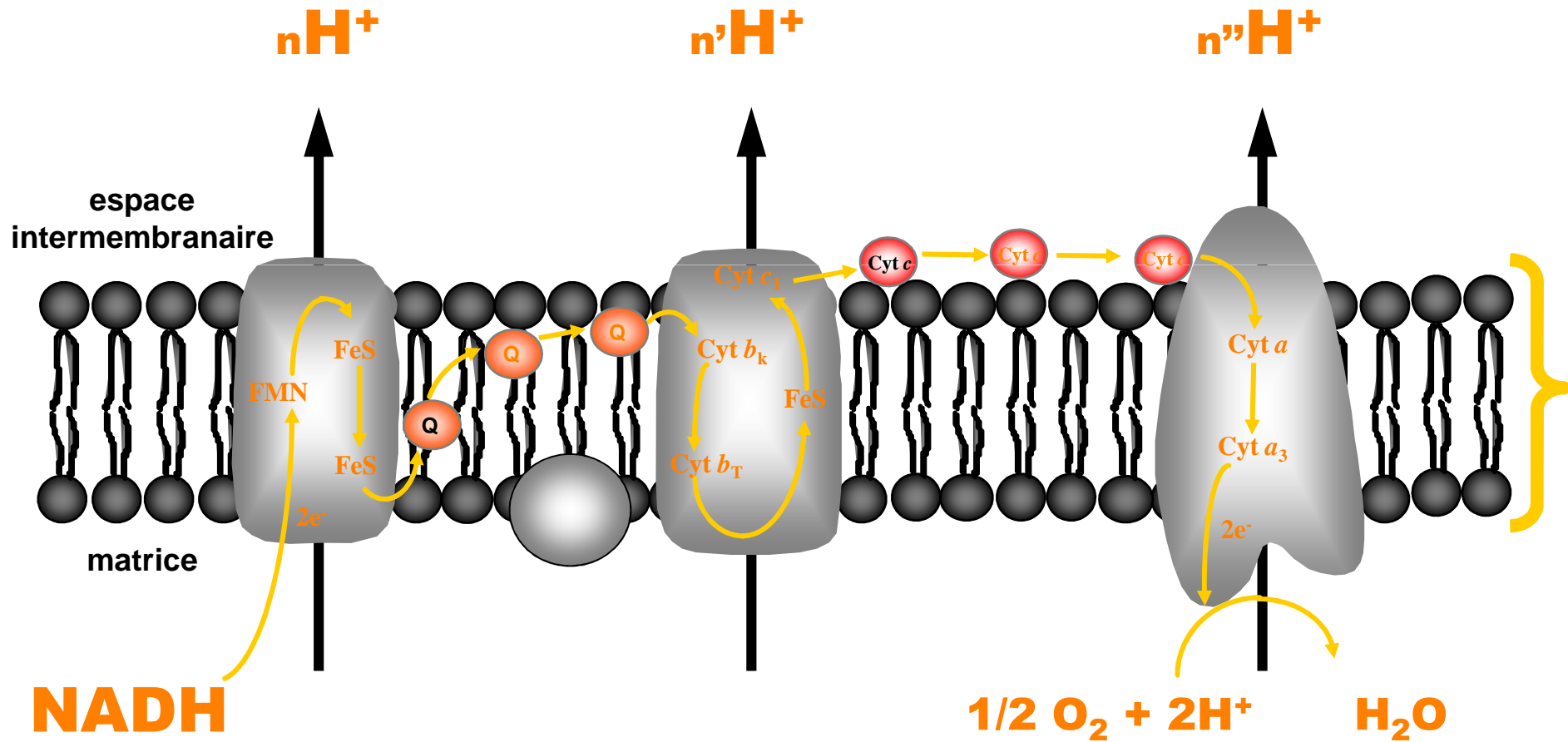
Le cycle de Krebs



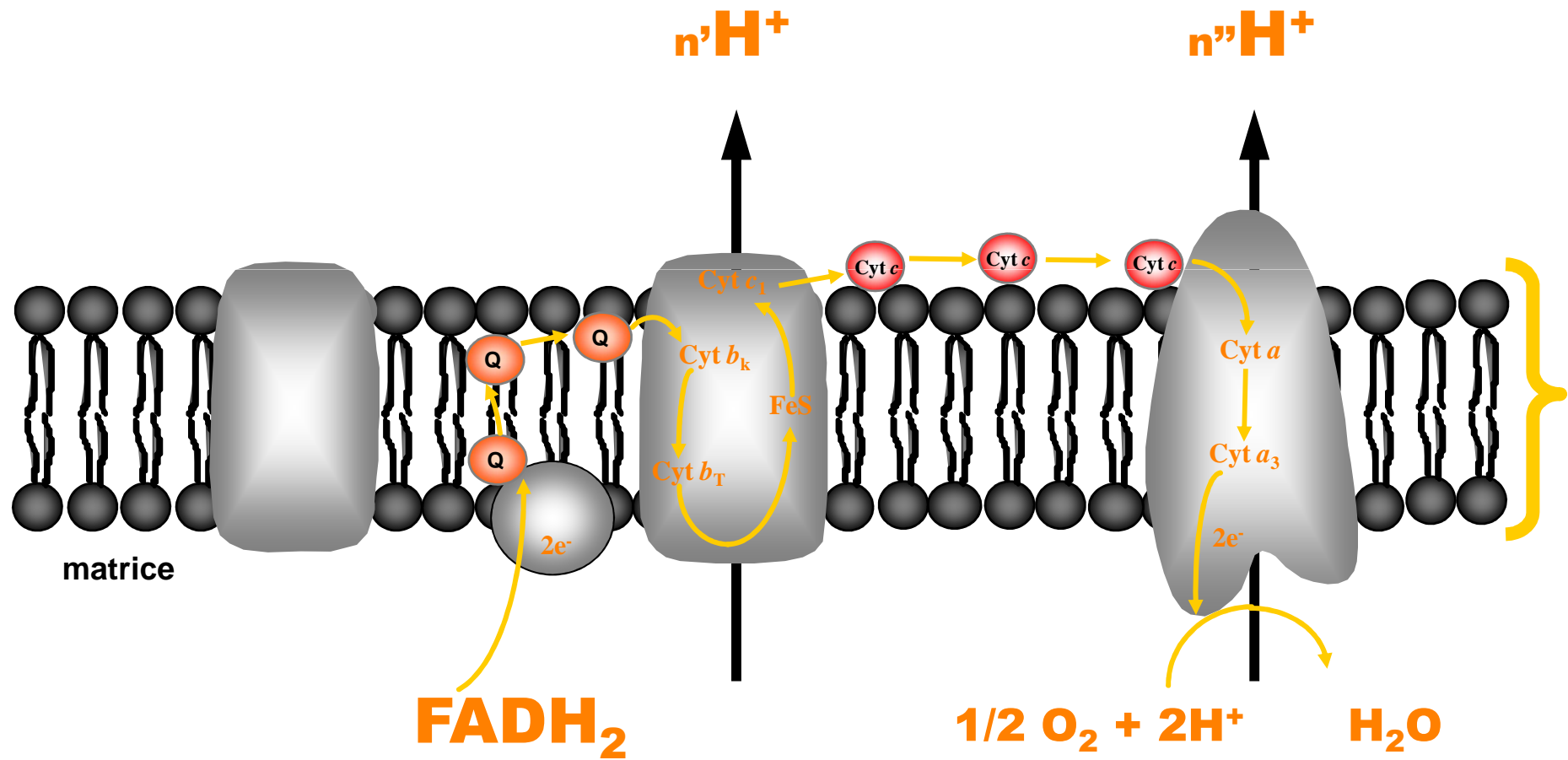
Le cycle de Krebs



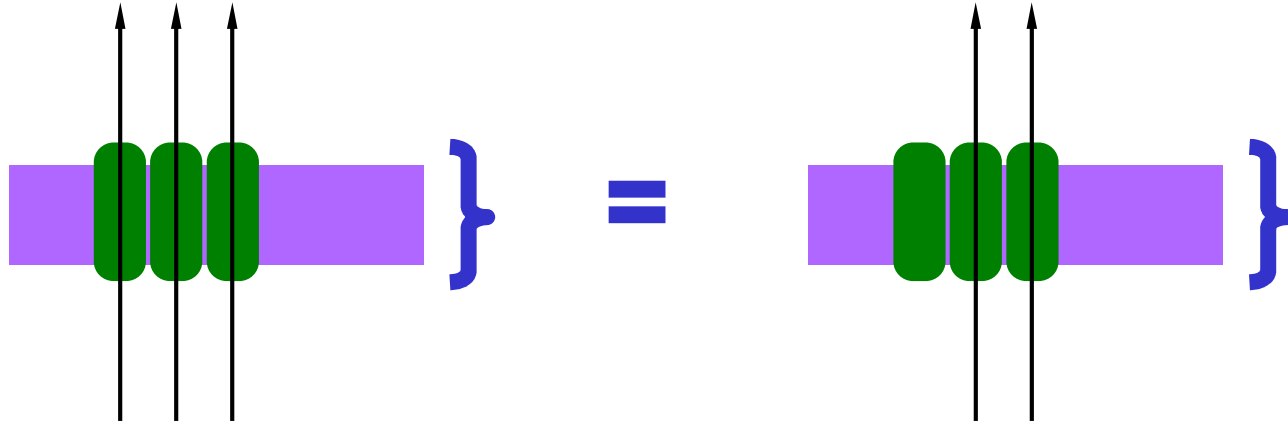
La chaîne respiratoire



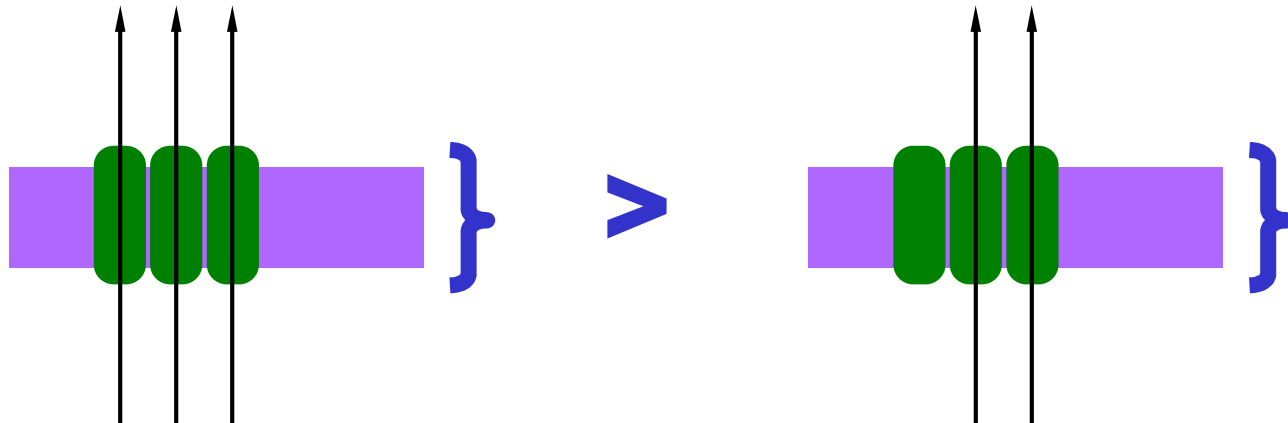
La « voie alterne »



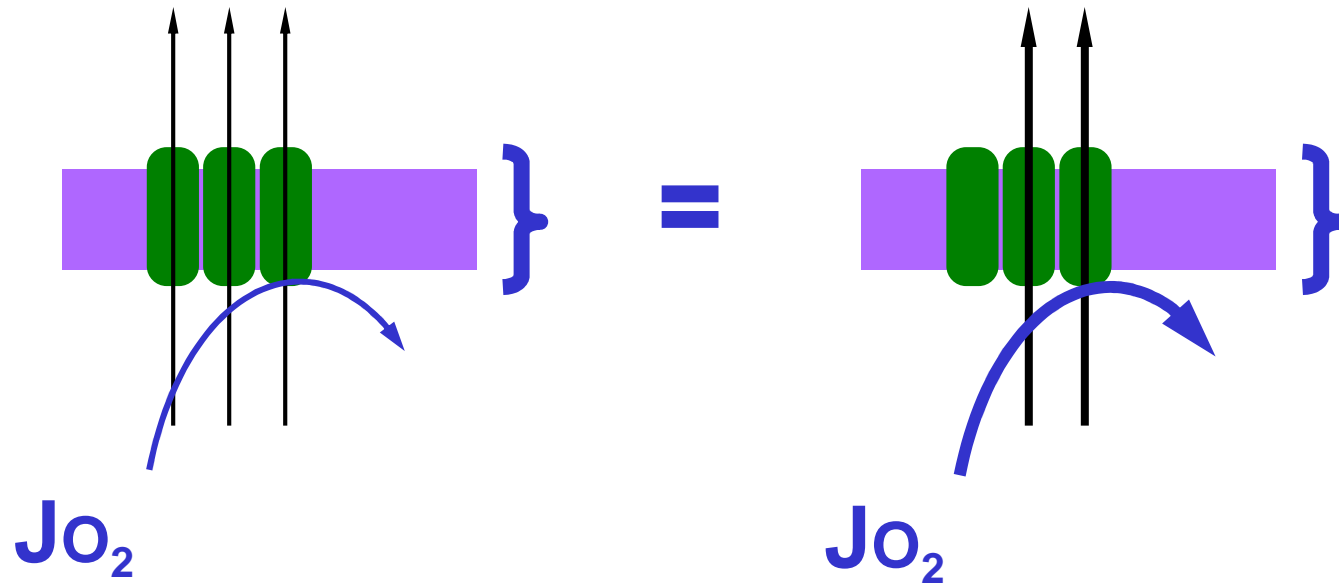
A



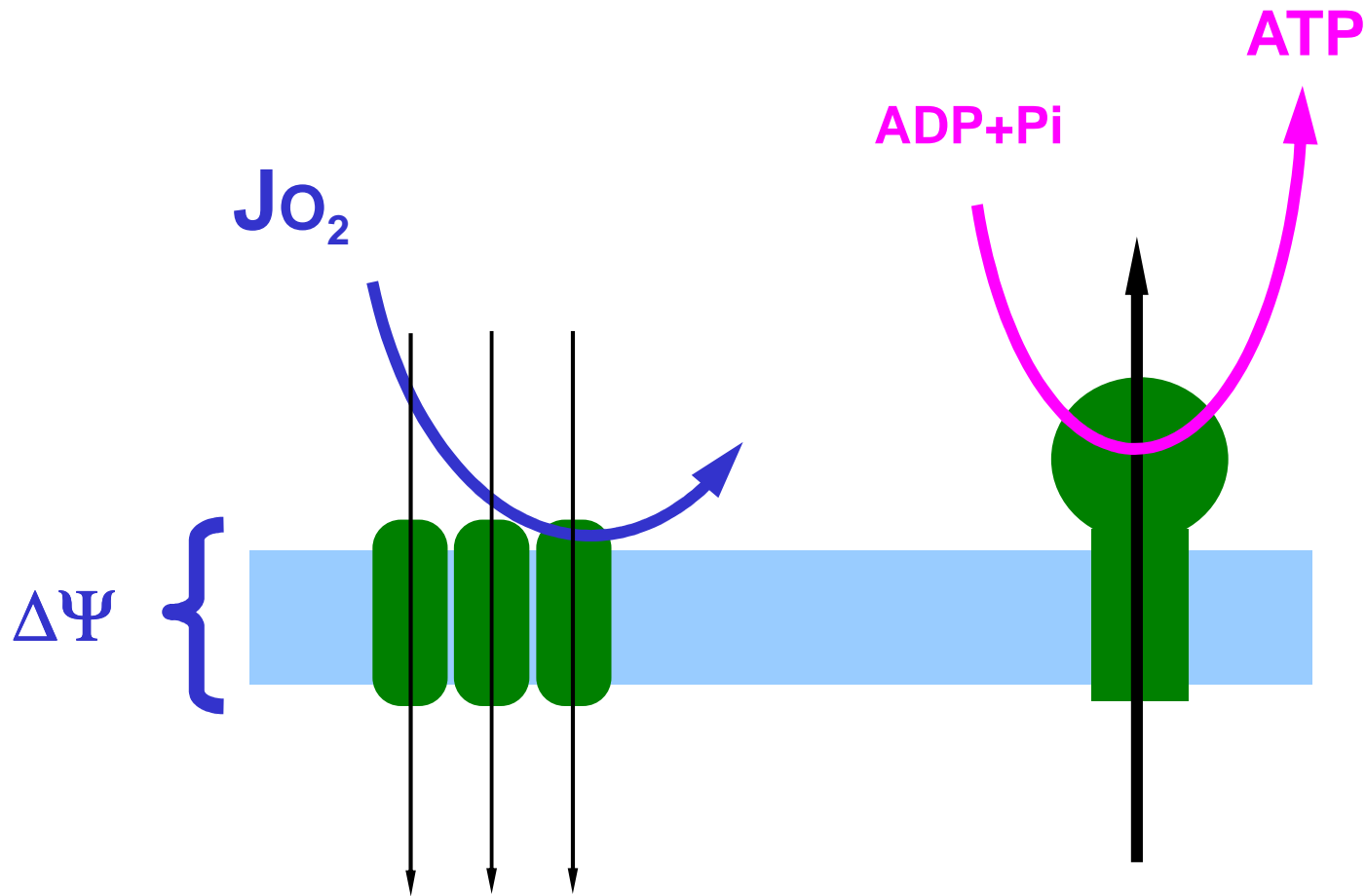
B

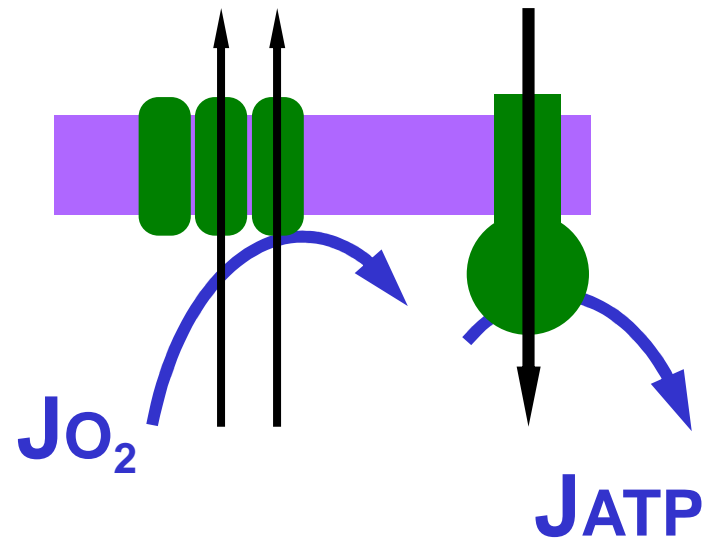
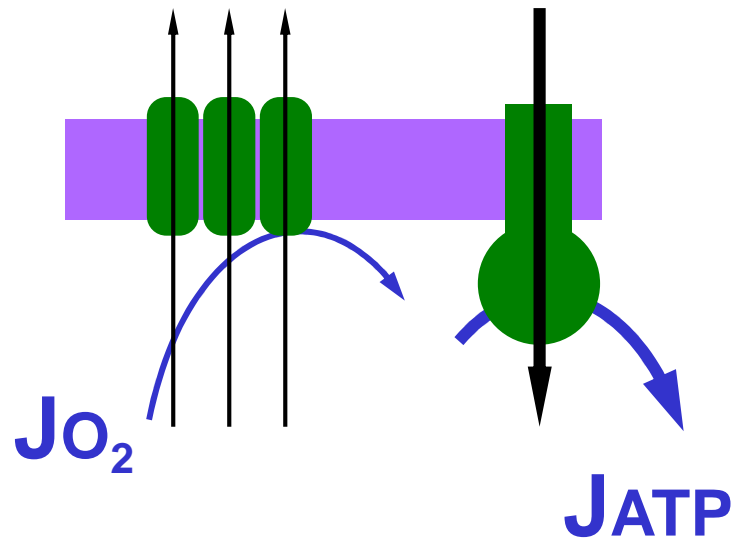
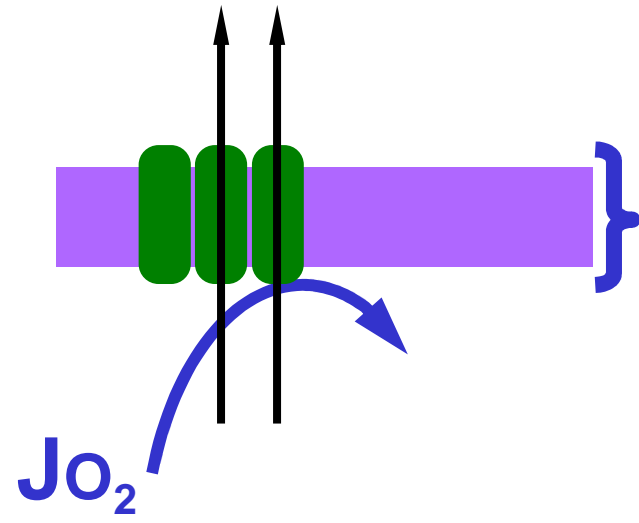
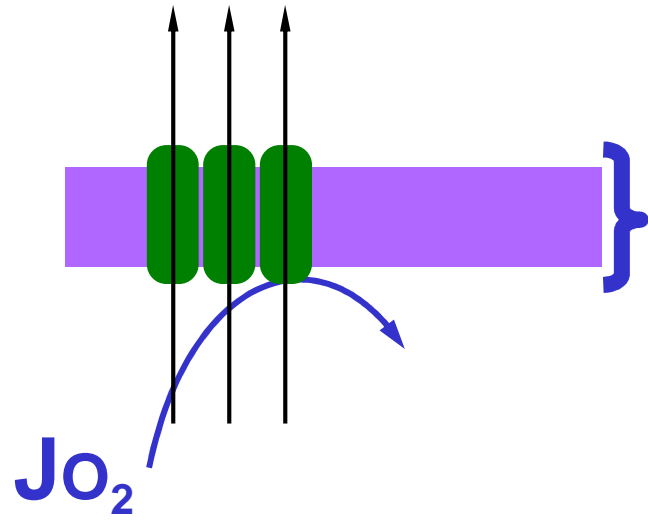


The winner is ... A

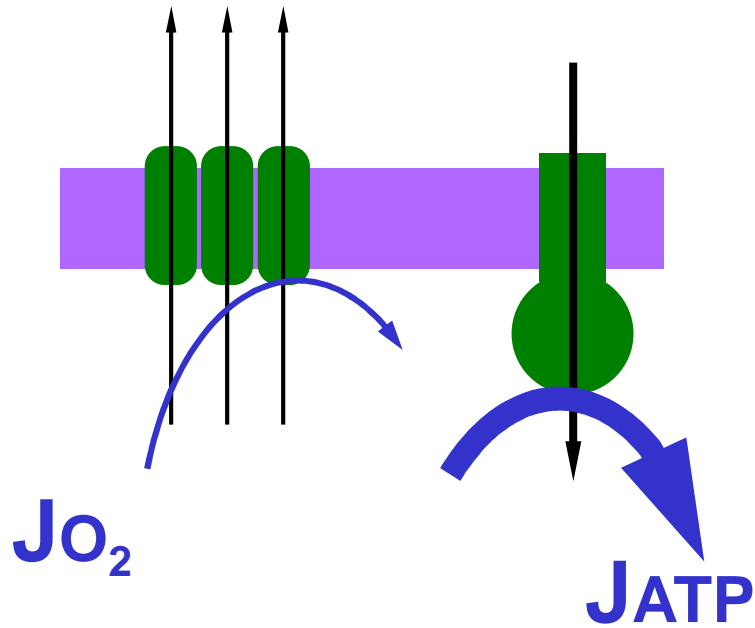


L'oxydation phosphorylante

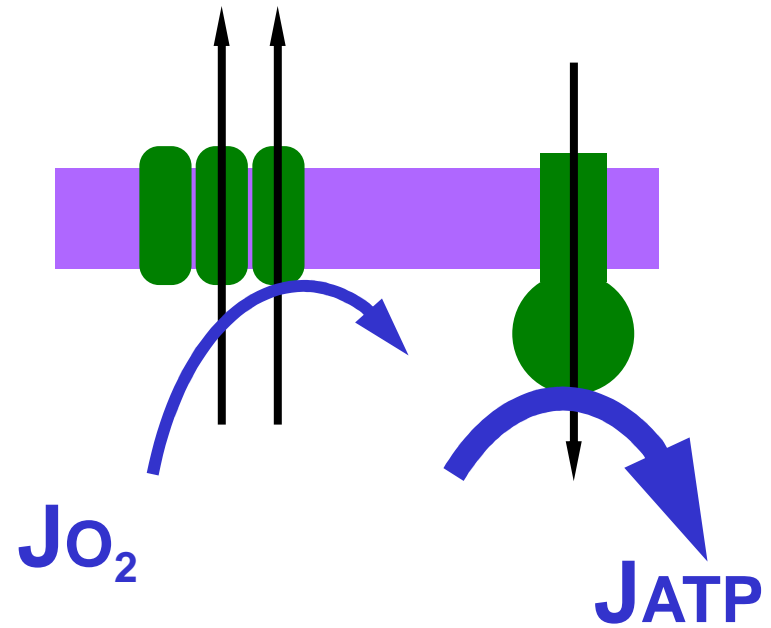




ATP/O ratio



~~ATP/O = 3~~



~~ATP/O = 2~~

This means that

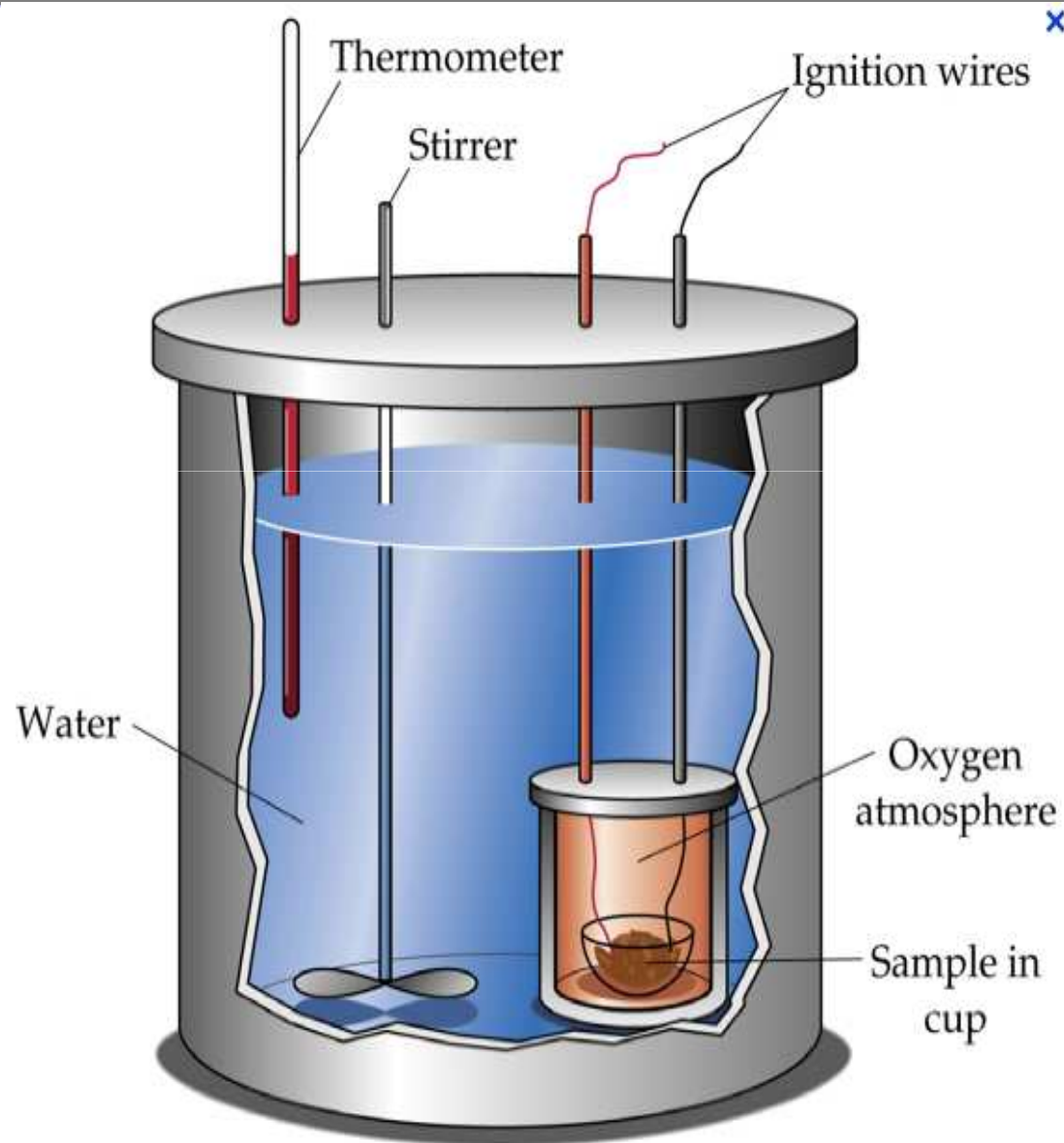
1 Glucose ~~→~~ 38 ATP

1 Palmitate ~~→~~ 131 ATP

Rendement et substrats

	Glucose	Acide palmitique
Masse molaire (g)	180	256
O ₂ consommé (l.g ⁻¹)		
CO ₂ produit (l.g ⁻¹)		
Quotient respiratoire		
NADH produit (mole.mole ⁻¹)		
FADH ₂ produit (mole.mole ⁻¹)		
Quotient redox		
Potentiel énergétique (kcal.mole ⁻¹)		
Potentiel énergétique (kcal.g ⁻¹)		
Équivalent énergétique de l'O ₂ (kcal.l ⁻¹) du CO ₂ (kcal.l ⁻¹)		

Mesure du potentiel énergétique

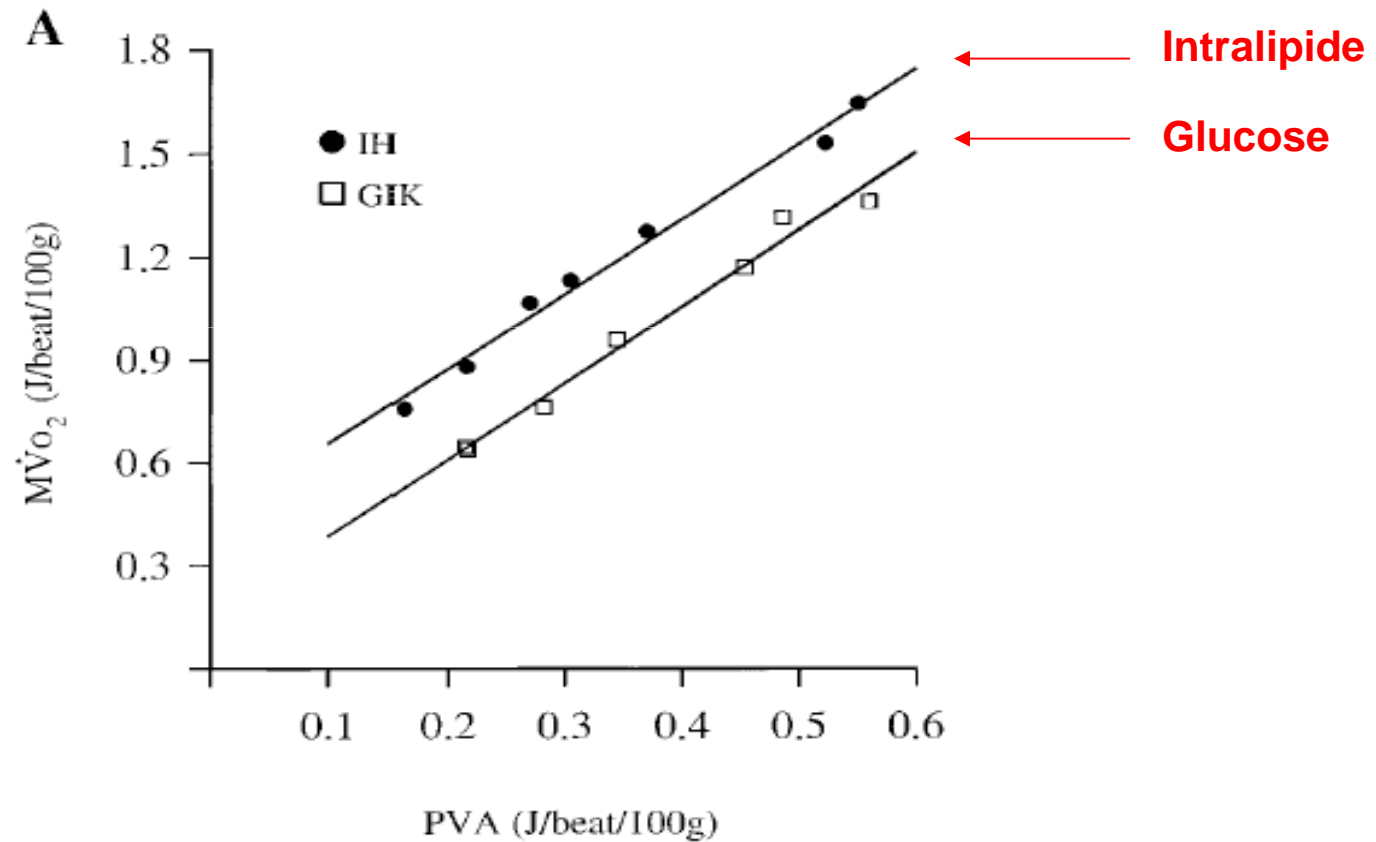


Rendement et substrats

	Glucose	Acide palmitique
Masse molaire (g)	180	256
O ₂ consommé (l.g ⁻¹)	0,747	2,013
CO ₂ produit (l.g ⁻¹)	0,747	1,4
Quotient respiratoire	1,00	0,70
NADH produit (mole.mole⁻¹)	10	31
FADH₂ produit (mole.mole⁻¹)	2	15
Quotient redox	0,20	0,48
Potentiel énergétique (kcal.mole ⁻¹)	697	2480
Potentiel énergétique (kcal.g ⁻¹)	3,87	9,69
Équivalent énergétique		
de l'O ₂ (kcal.l ⁻¹)	5,19	4,81
du CO ₂ (kcal.l ⁻¹)	5,19	6,92

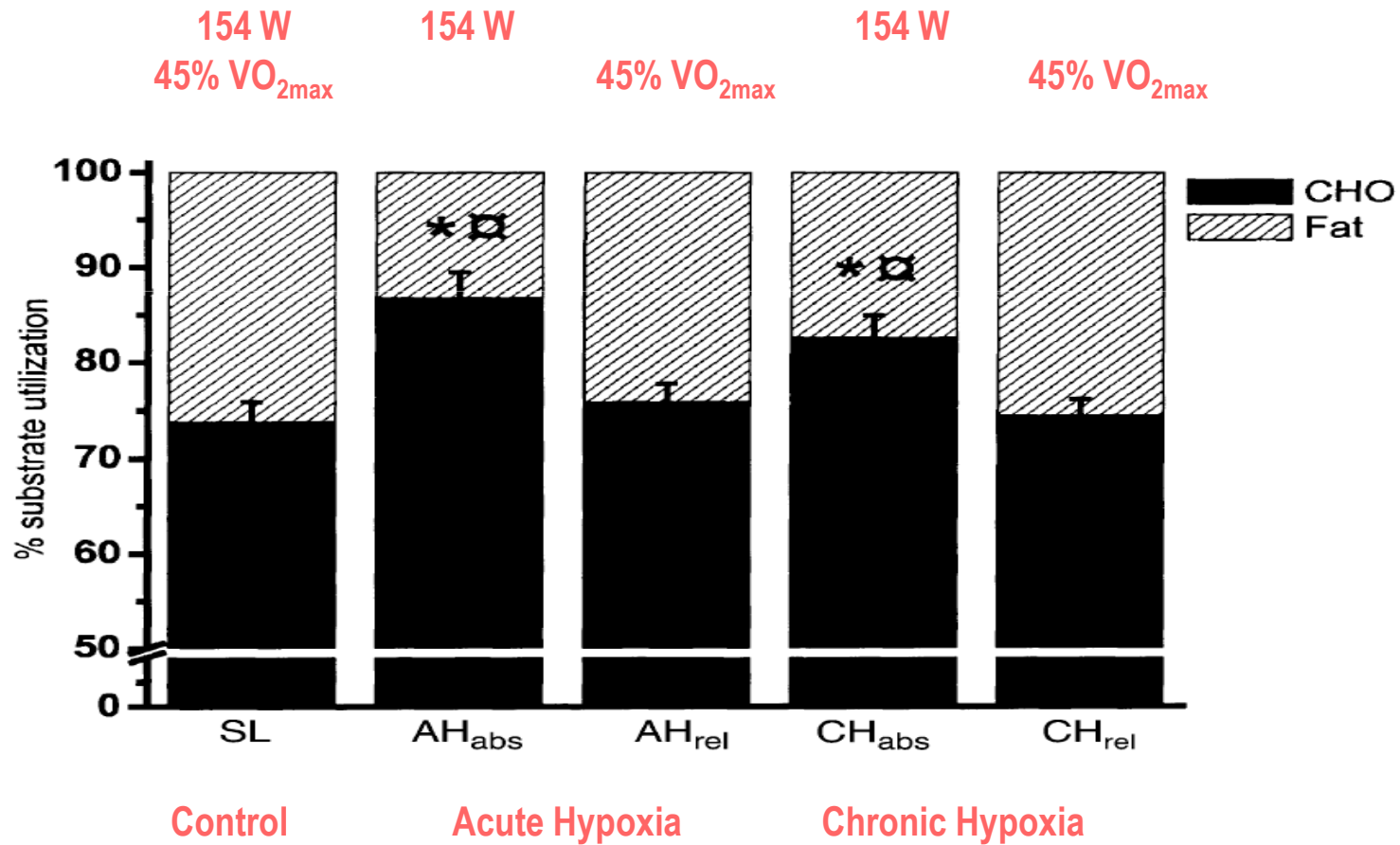


Rendement et substrats



Glucose ou lipides ?

8 volontères sains



Spécialisation d'organes

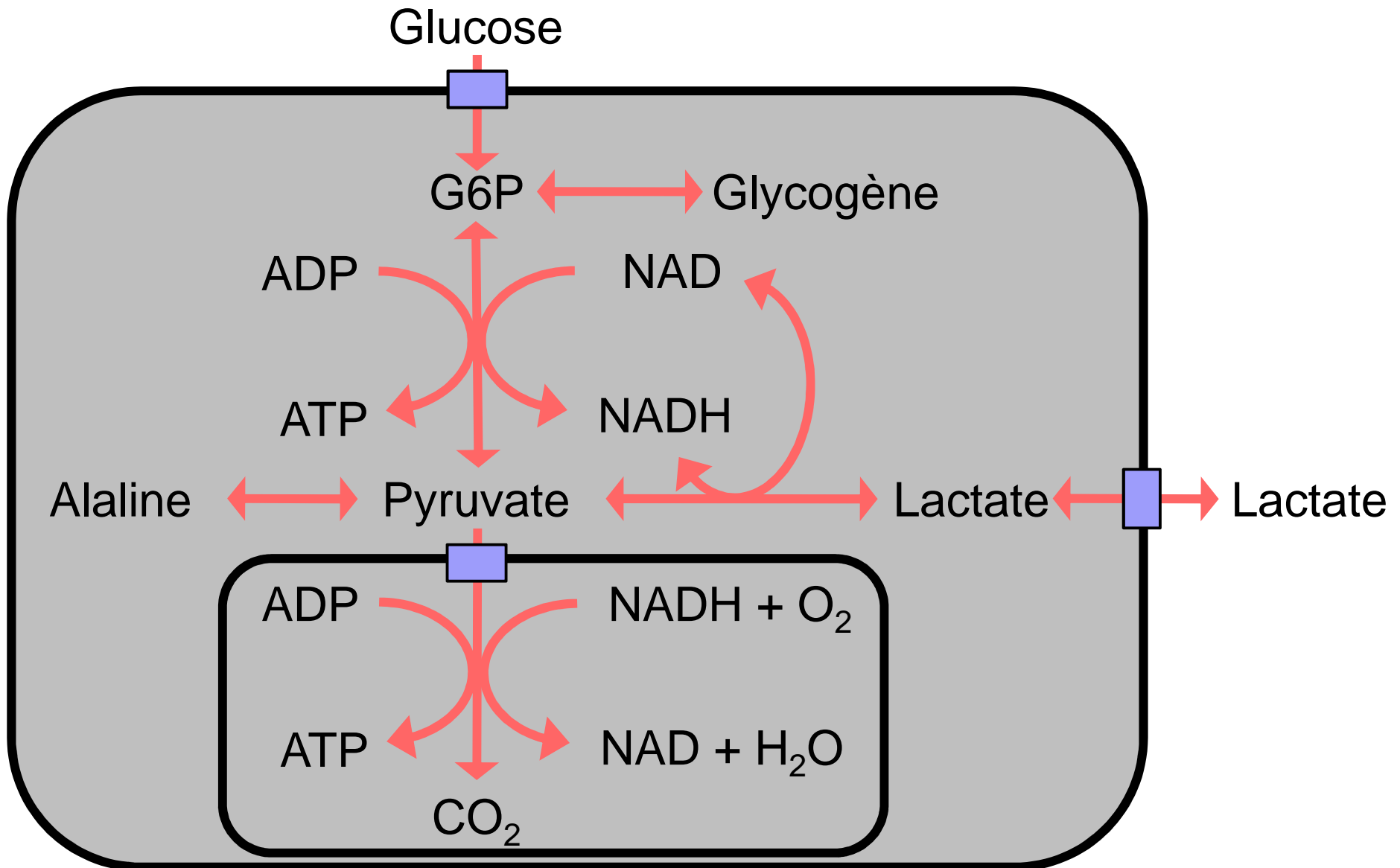
- Qui dépense quoi ?
 - Dépense énergétique par poids de tissu
- Complémentarité
 - Le cycle de Cori
 - Les corps cétoniques
- Le partage du glucose
 - L'insulino-dépendance
 - L'effet Warburg

	Consommation q_2 (%du VQ_{total})	Poids (%dupoidsdu corps)
Foie	20	2,5
Cerveau	20	2,0
Cœur	10	0,5
Reins	10	0,5
Muscles	20	40,0
Autres tissus	20	54,5

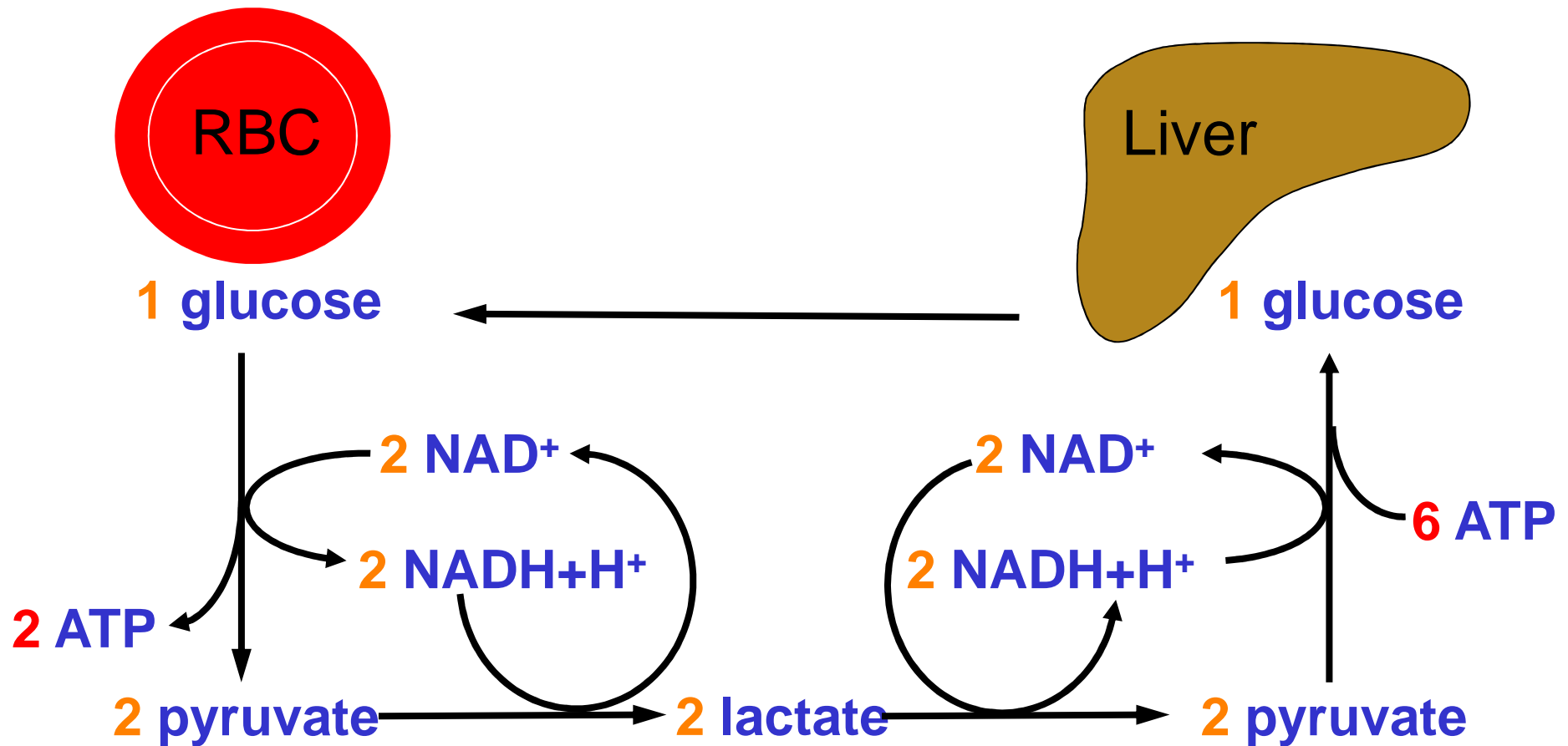
SITUATION	DEPENSE TOTALE ET DUREE	PUISSANCE
Métabolisme de base	1 600 – 1 800 Kcal.j ⁻¹	75 - 85 W
Dépense quotidienne	2 300 – 2 500 Kcal.j ⁻¹	110 - 120 W
Exposition au froid	370 Kcal. 3h ⁻¹	moy. 150 W pic : 350 W
Polytraumatisé	1 900 – 2 200 Kcal.j ⁻¹	90 - 100 W
Infection grave	2 100 – 2 700 Kcal.j ⁻¹	100 - 130 W
Grand brûlé	2 500 – 3 600 Kcal.j ⁻¹	120 - 170 W
Haltérophilie	2 à 5 Kcal en 0,88 s	8 000 à 25 000 W
100 m	12 Kcal en 10 s	5 000 W
5000 m	375 Kcal en 13 min	2 000 W
Marathon	3 200 Kcal en 2 h 10	1 700 W
Triathlon	10 000 Kcal en 8 h	1 400 W
Tour de France	200 Mcal en 23 j	415 W

Dépense énergétique et puissance développée au repos et dans diverses situations physiologiques ou pathologiques. Les chiffres indiqués sont des valeurs moyennes approximatives normalisées pour un jeune adulte masculin de 70 kg.

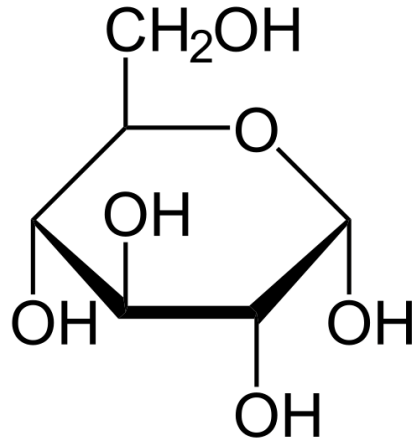
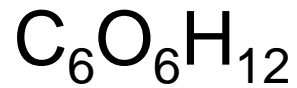
Le lactate: un glucide



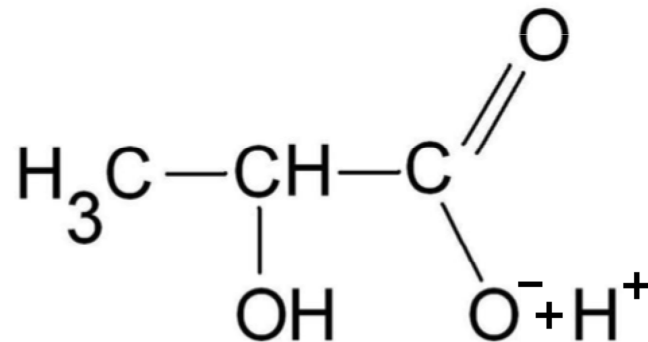
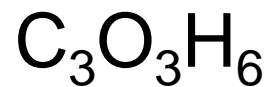
Un cycle pas si futile



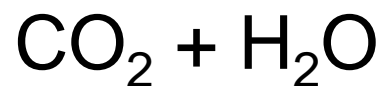
Acide lactique ou Lactate ?



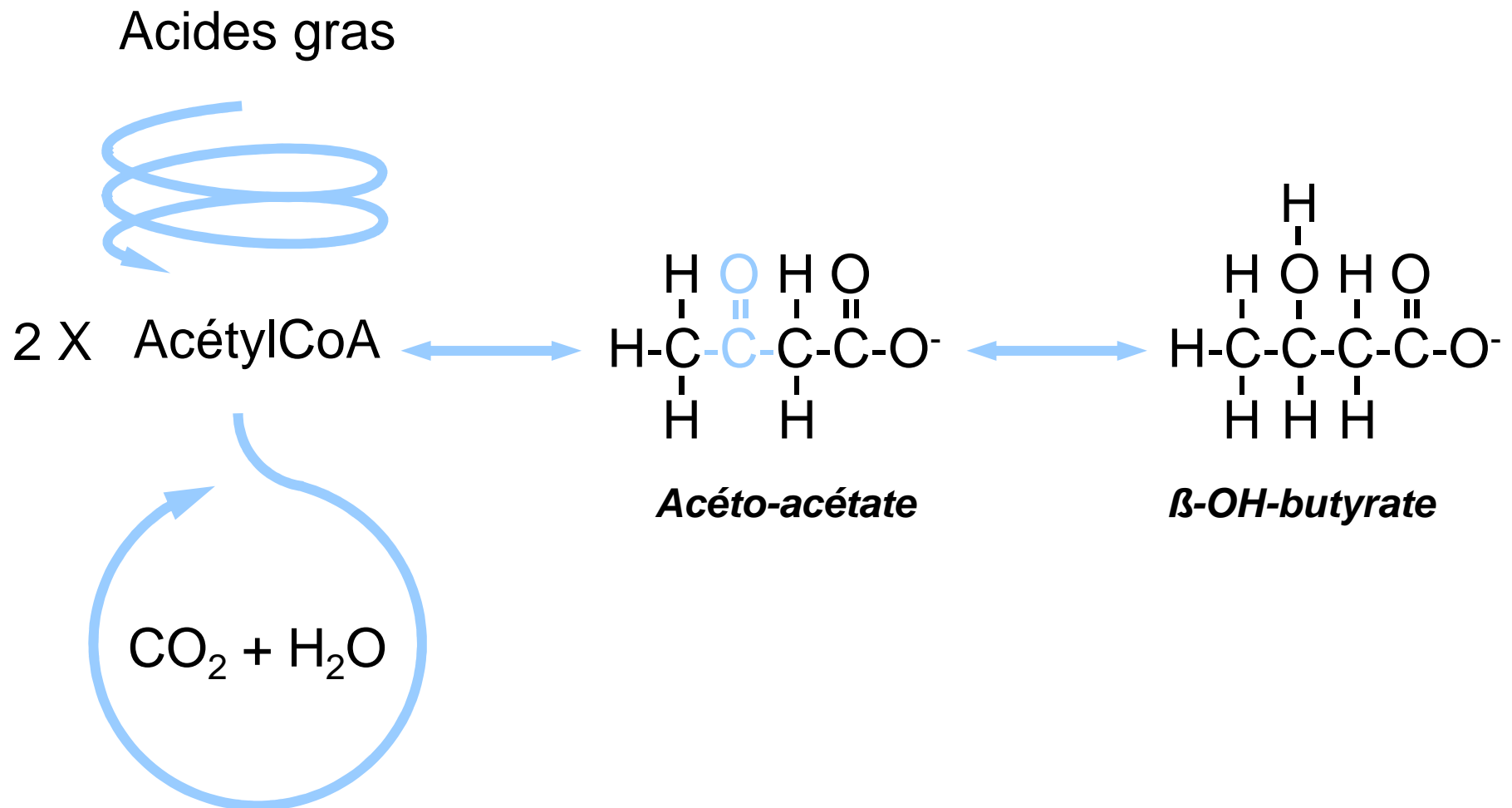
Acidification



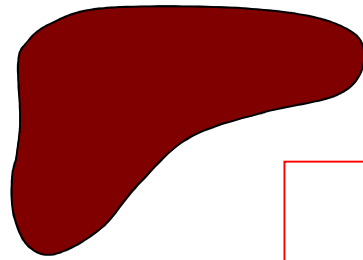
Alcalinisation



Corps cétoniques



Corps cétoniques



**Les corps cétoniques sont
des lipides hydrosolubles
non dépendant du système carnitine**



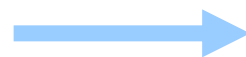
Acides gras



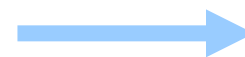
AcétylCoA



CO₂ + H₂O



C C



Acides gras

Barrière hémato-encéphalique
Pas de carnitine palmitoyltransferase

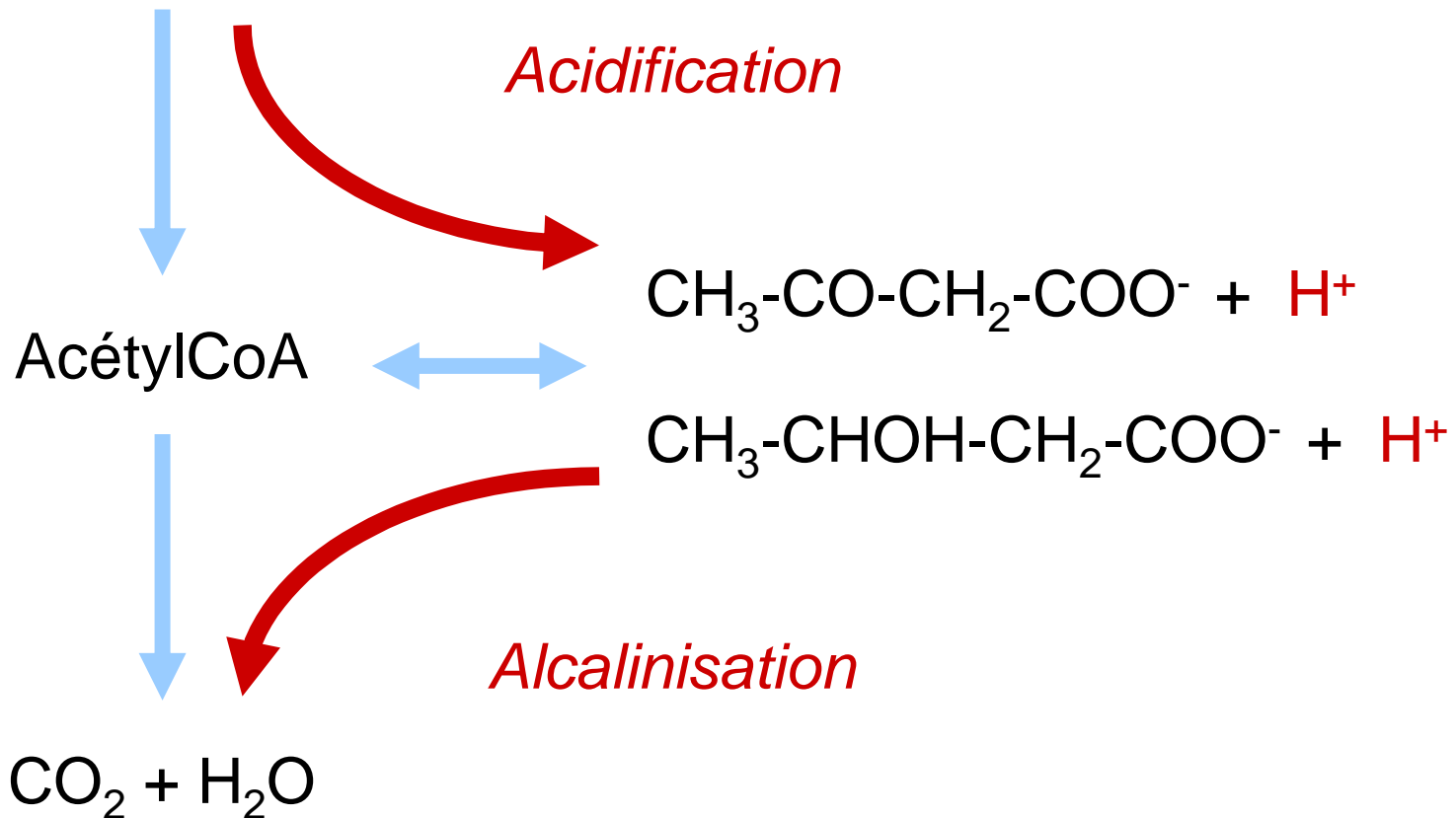
AcétylCoA



CO₂ + H₂O

Corps cétoniques et pH

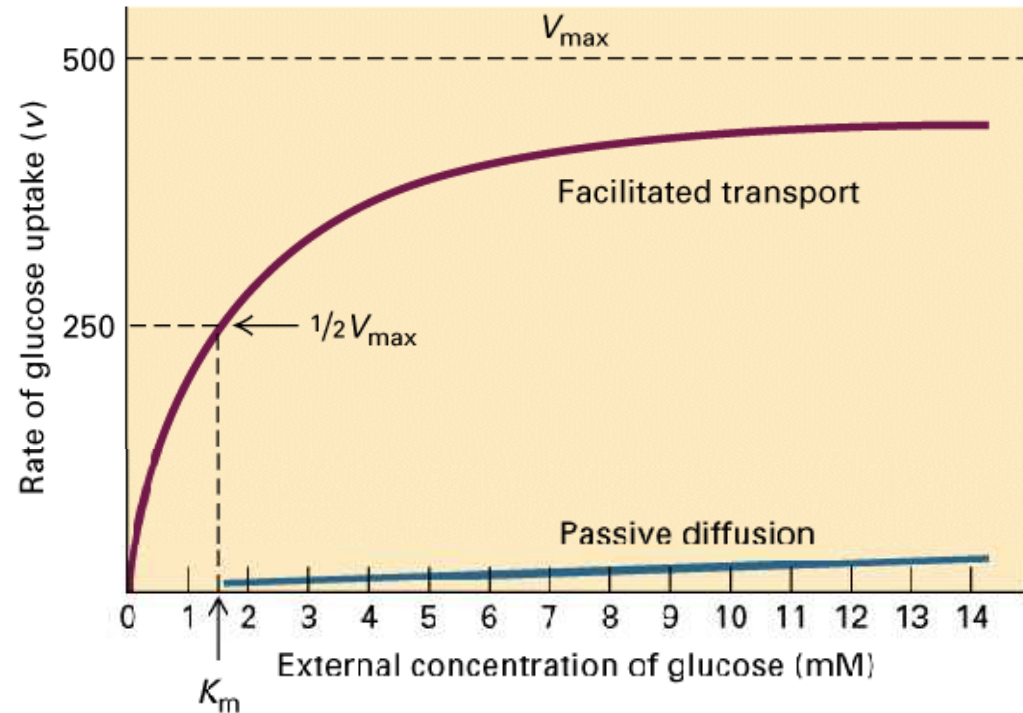
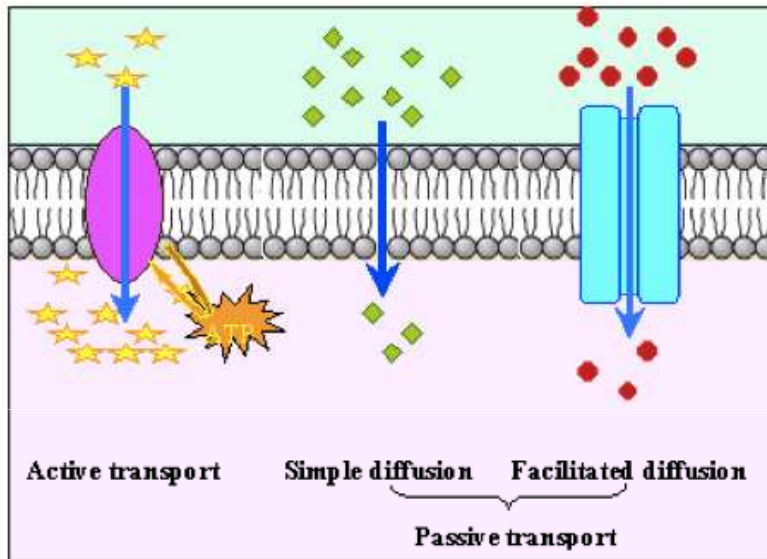
Triglycérides



Corps cétoniques et pH

	Jeûne	Diabète
Insuline	Basse	Effondrée
Corps cétoniques	Élevés	Élevés
Glycémie	Normale basse	Élevée
pH sanguin	Normal	Acide
Consommation des corps cétoniques	Oui	Non

Transport du Glucose



$$K_m = V_{max} / 2$$

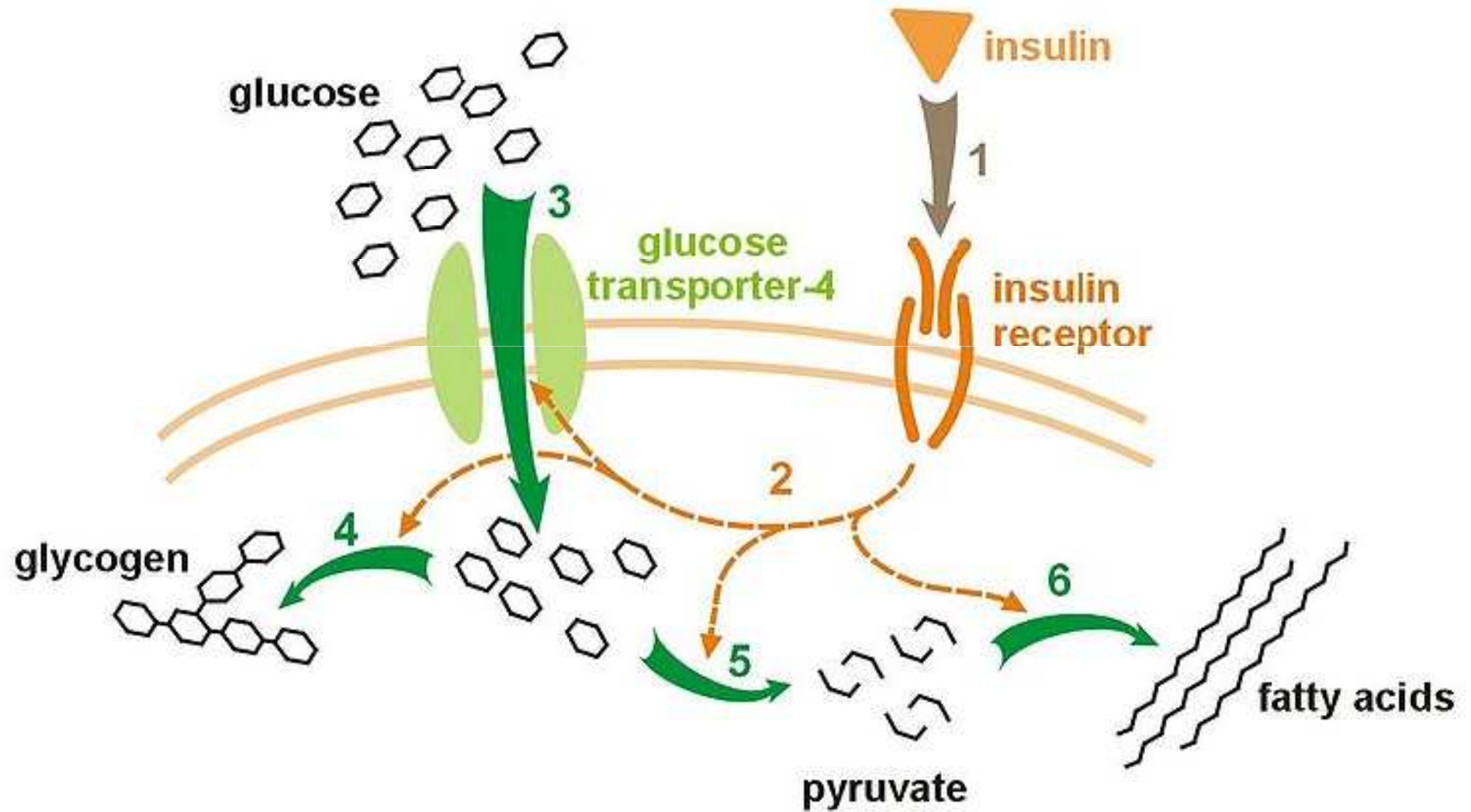
GLUT1 et GLUT3 : $K_m = 1 \text{ mmol/L}$

GLUT2 : $K_m = 15-20 \text{ mmol/L}$

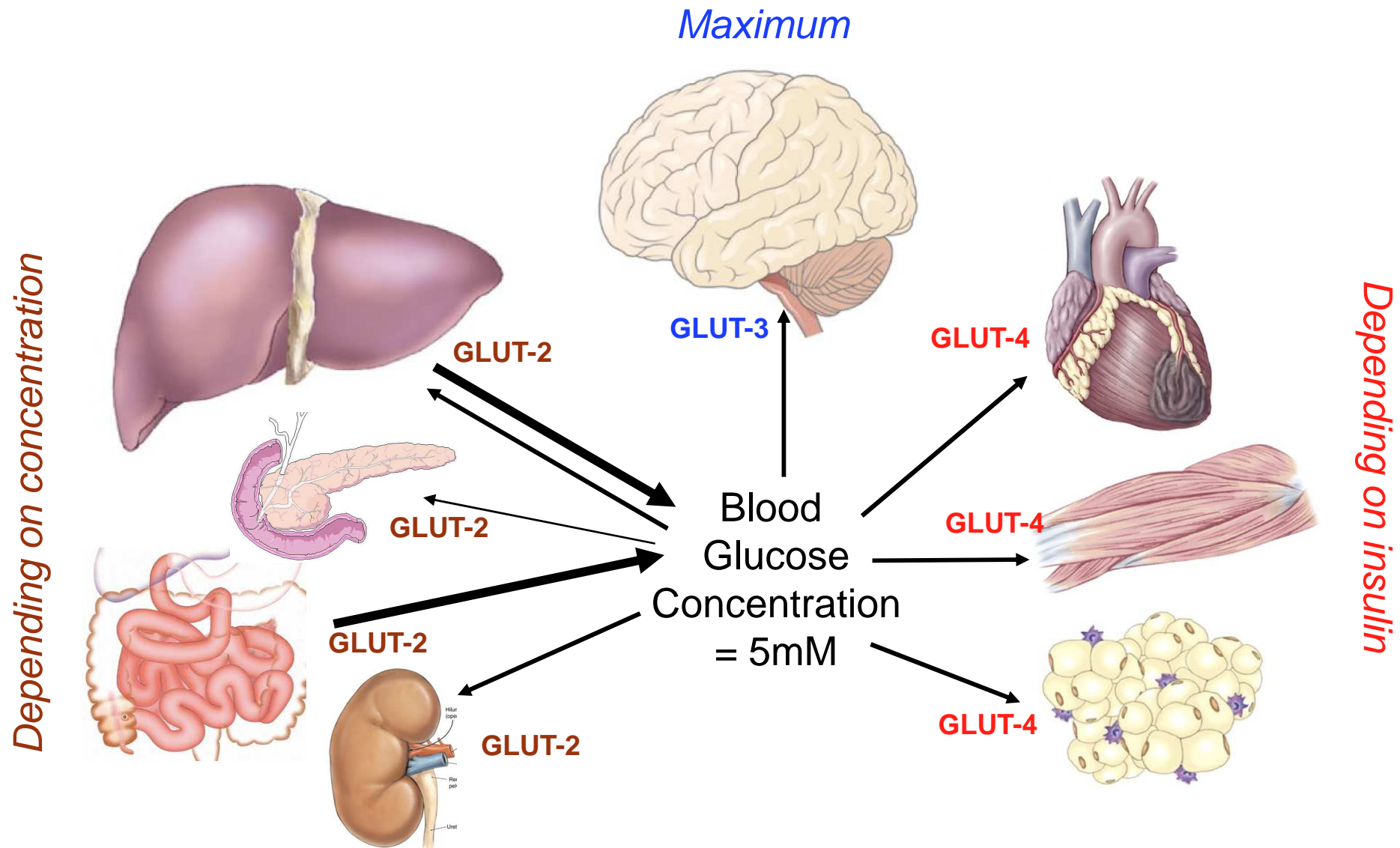
GLUT4 : $K_m = 5 \text{ mmol/L}$

← Insulin

Insuline et Glucose



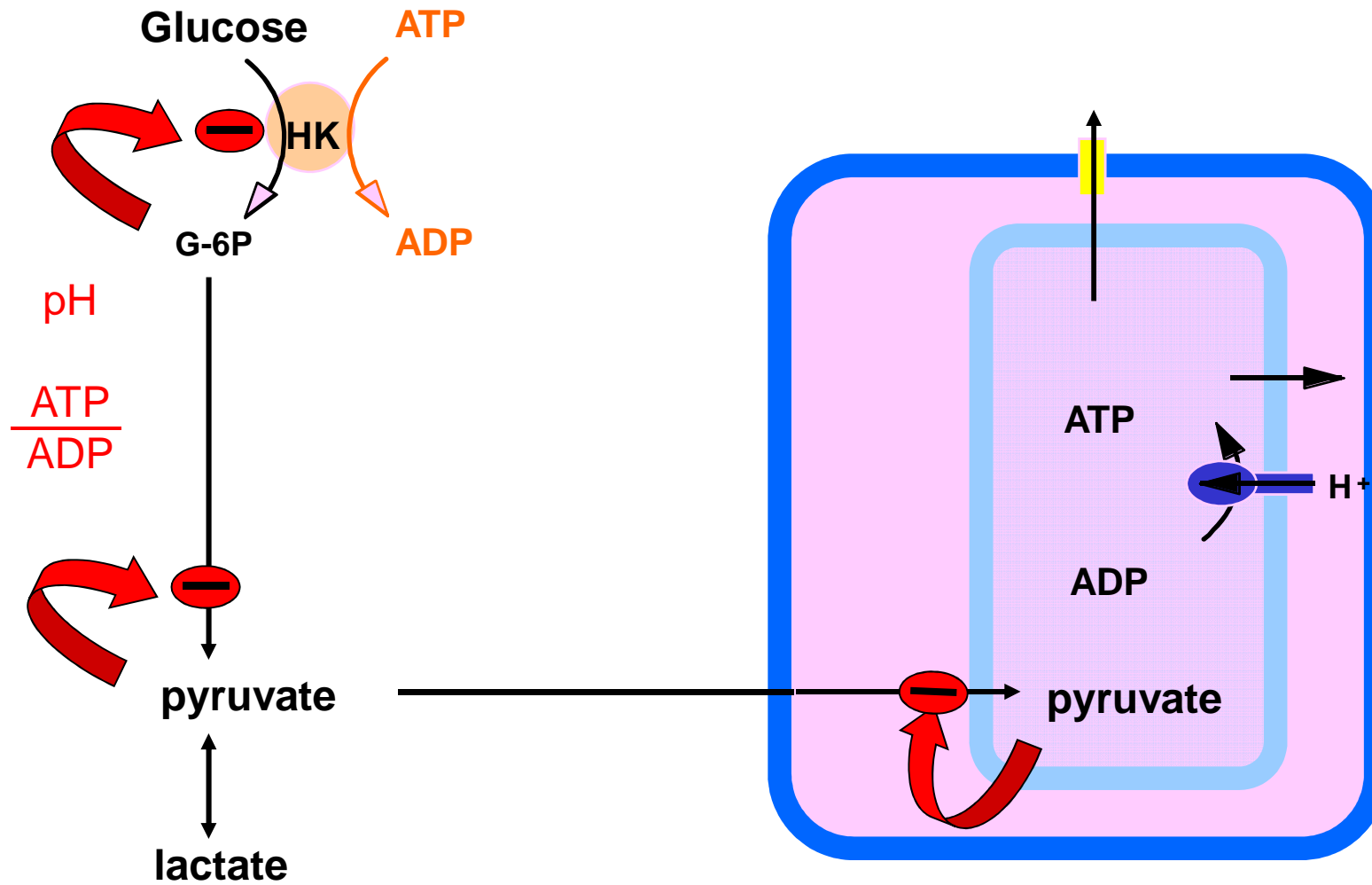
Vitesse d'entrée du glucose



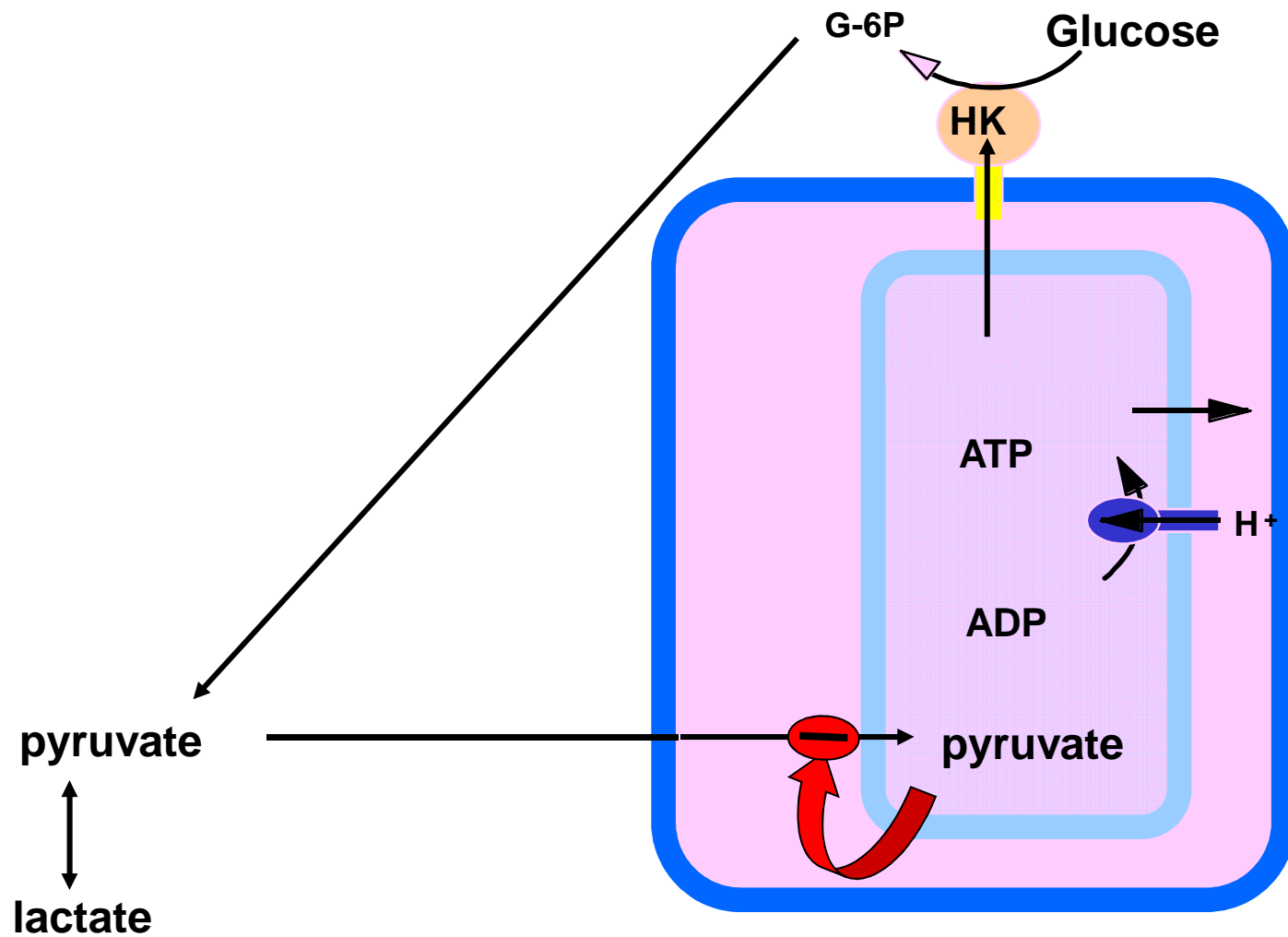
L'insulino-résistance

- Est-ce que ça change la consommation de glucose?
- Est-ce que ça réoriente le glucose?
- Que peuvent utiliser les territoires résistants?
 - Les lipides
 - Autre chose ?

Normalement



Effet Warburg



Brdiczka & Wallimann. *Mol Cell Cardiol*, 1994