

Chapitre 9

Respiration cellulaire: produire l'énergie chimique

PowerPoint® Lecture Presentations for

Biology

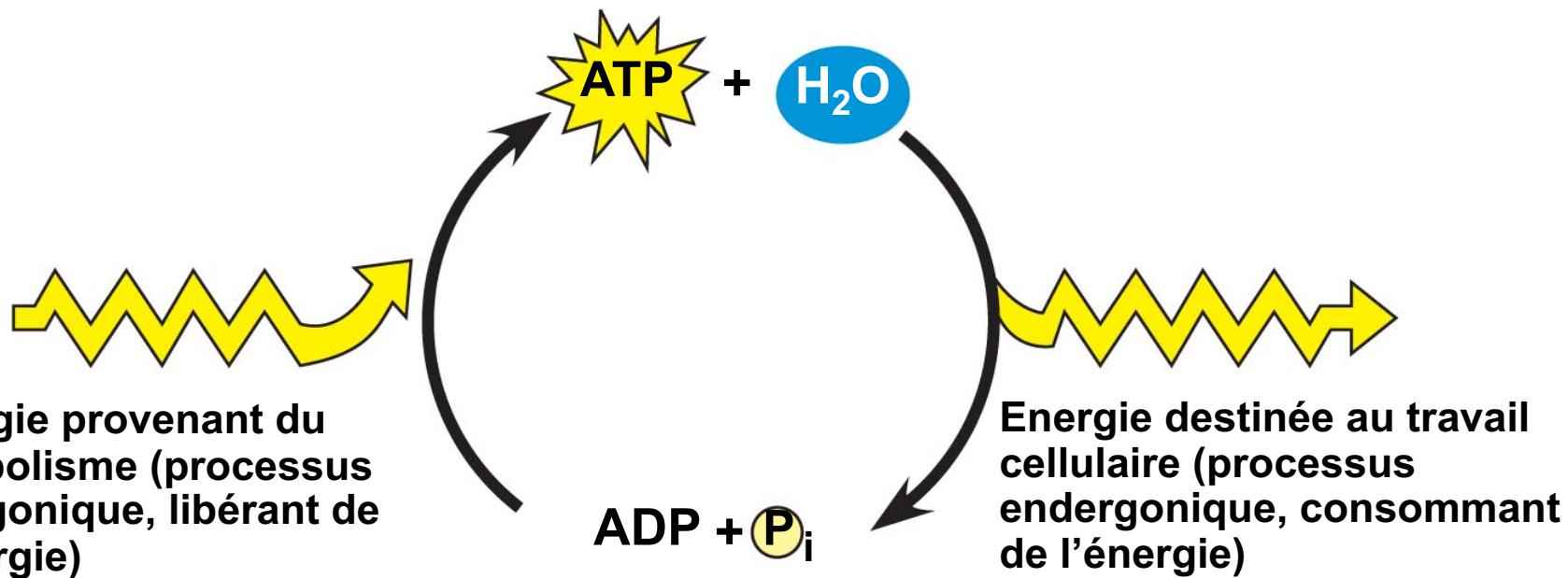
Eighth Edition

Neil Campbell and Jane Reece

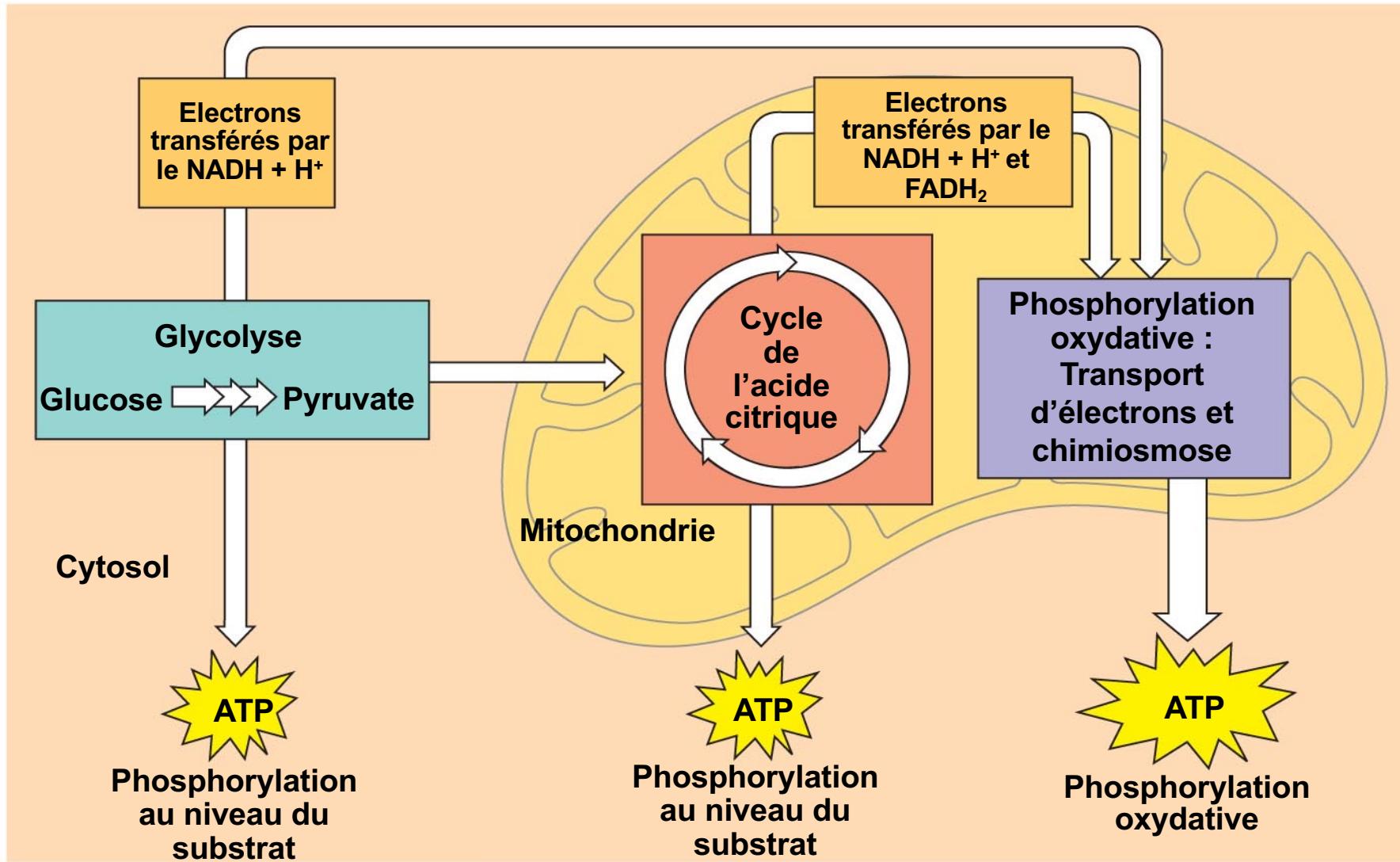
Lectures by Chris Romero, updated by Erin Barley with contributions from Joan Sharp

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings

La régénération de l'ATP – le cycle de l'ATP



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.



Concept 9.1: Les voies cataboliques génèrent de l'énergie en oxydant des molécules organiques

- La **respiration cellulaire** consomme des **molécules organiques** et de l'**O₂** et produit de l'**ATP**
- Bien que les glucides, les lipides et les protéines puissent tous servir de combustible après avoir été transformé, il est d'usage d'écrire la respiration cellulaire avec une molécule de glucose C₆H₁₂O₆



→ L'oxydation est un processus exergonique qui libère de l'énergie

L'oxydation des molécules organiques au cours de la respiration cellulaire

- Au cours de la respiration cellulaire, le glucose (ou autres molécules provenant des aliments) est oxydé et l'O₂ est réduit:

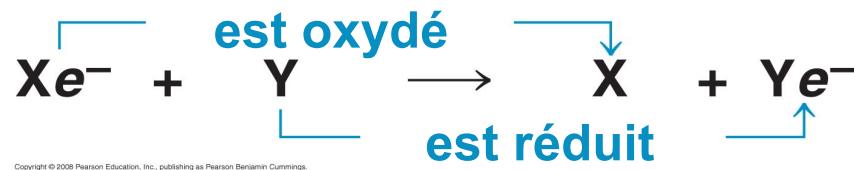


Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

1. Glucose = agent réducteur (donneur d'e⁻) O₂ = agent oxydant (accepteur d'e⁻)
 2. L'hydrogène est transféré du glucose vers l'oxygène
 3. Pendant ce transfert, le niveau d'énergie des électrons diminue
 4. L'énergie libérée devient disponible pour synthétiser de l'ATP
-

Les principes de l'oxydoréduction

- Dans beaucoup de réactions chimiques, *un ou plusieurs électrons (e⁻) passent d'un réactif à l'autre*. Ces transferts sont appelés **réactions d'oxydoréductions**, ou **réactions rédox**.
- La perte d'électrons correspond à **l'oxydation** (il y a un gain de charge positive)
- Le gain d'électrons correspond à la **réduction** (il y a perte ou réduction de charge positive)



- Le donneur d'électrons (Xe⁻) s'appelle **agent réducteur**,
→ il réduit Y
- L'accepteur d'électrons (Y) s'appelle **agent oxydant**,
→ il oxyde Xe⁻

- Certaines réactions d'oxydoréduction ne transfèrent pas d'électron, mais changent le partage d'électron dans les liaisons covalentes

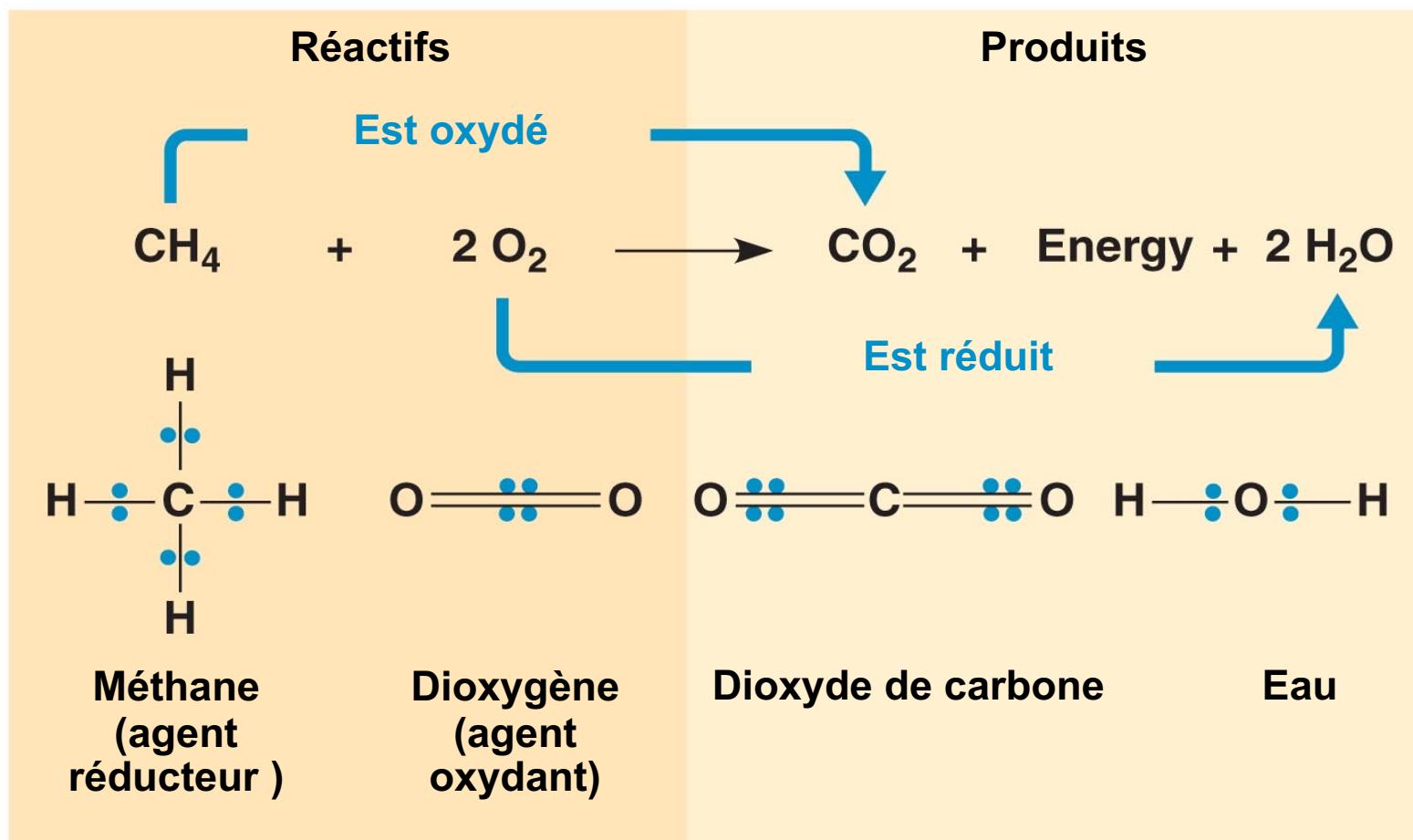


Fig. 9-3



Formation de l'eau à partir de dihydrogène et dioxygène

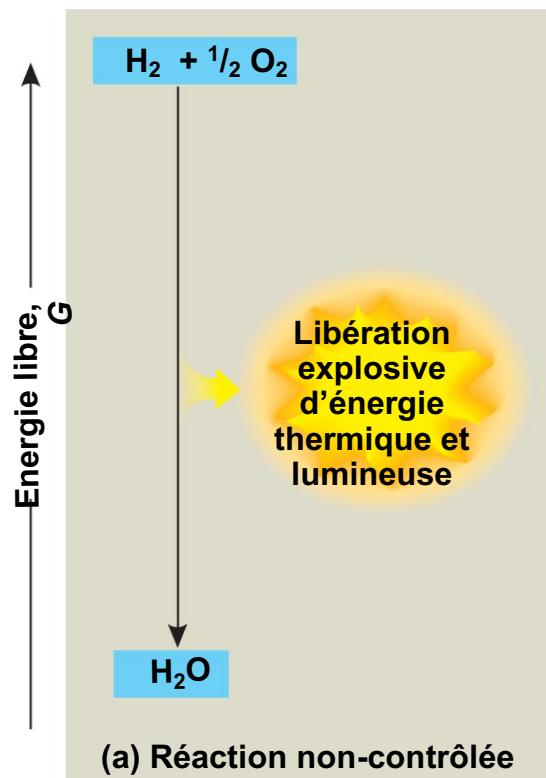
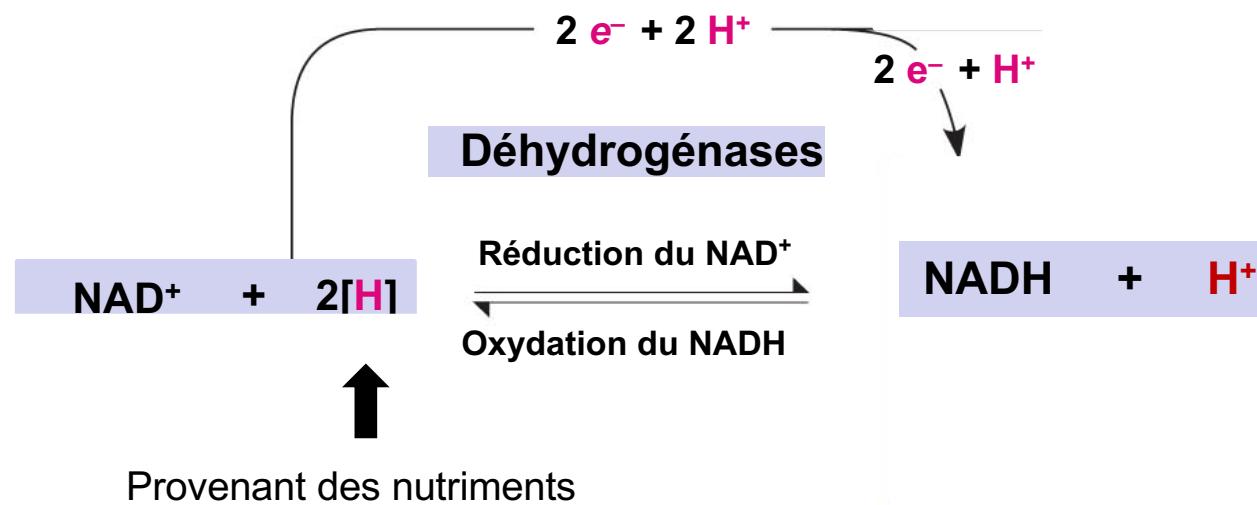


Fig. 9-5a

Les enzymes et les coenzymes aident à mieux capter l'énergie utilisable

- Les **déhydrogénases** enlèvent une paire d'atome d'hydrogène au substrat et transfèrent 2 e⁻ et 1 proton au NAD⁺, le réduisant en NADH

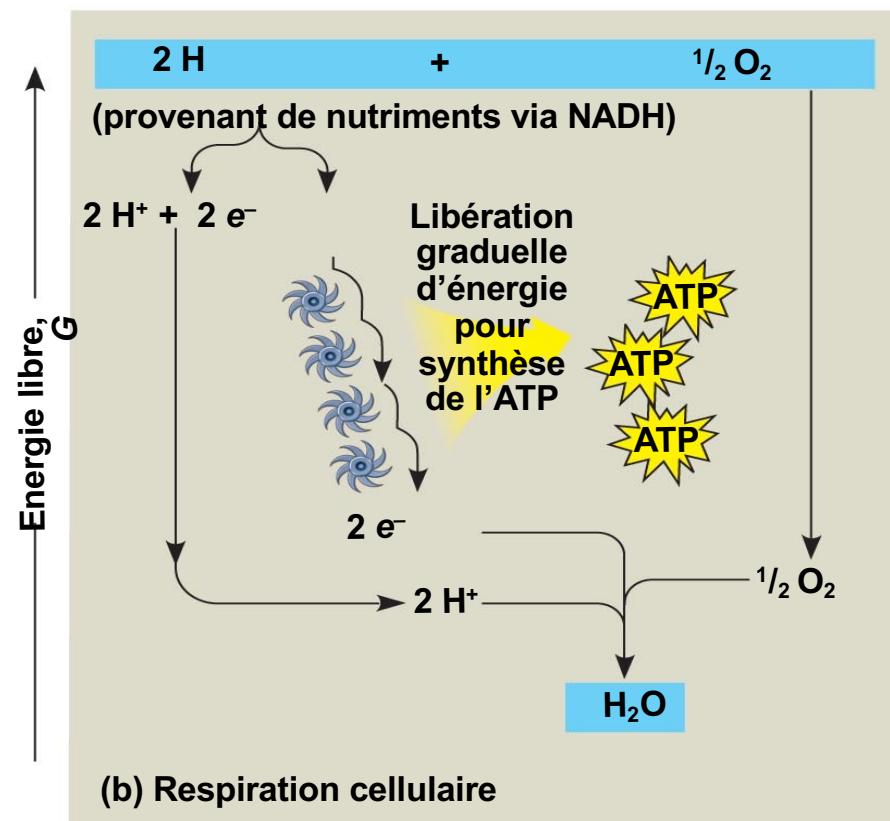
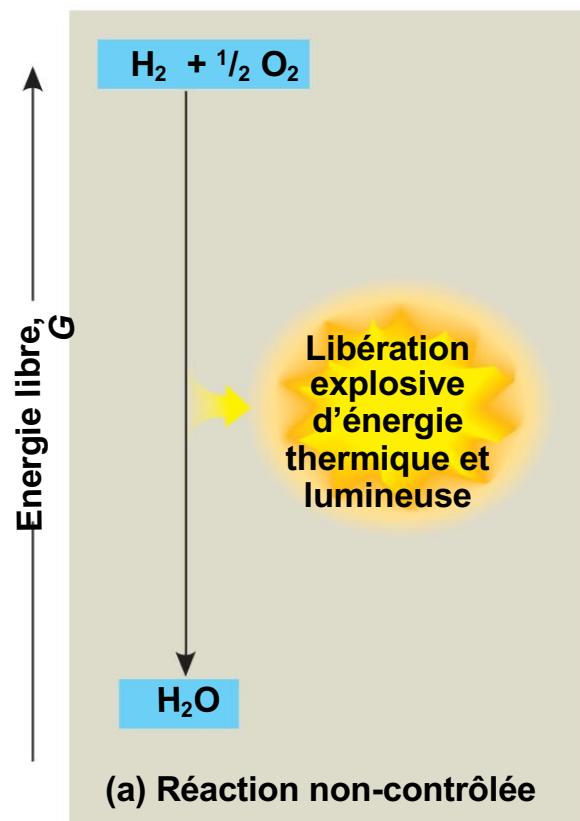


- Nicotinamide adénine dinucléotide (NAD⁺)** est un bon transporteur d'électrons, un dérivé de la niacine (vitamine B3)
- NADH est une plate-forme moléculaire excellente pour stocker l'énergie libérée

- Le **transfert d'électrons** durant une réaction chimique **libère l'énergie et est stocké temporairement dans NAD+ (> NADH)**
- L'énergie est libérée lorsque les électrons "descendent" à des niveaux d'énergie plus bas en étant **transférés successivement** jusqu'à l' O_2 .

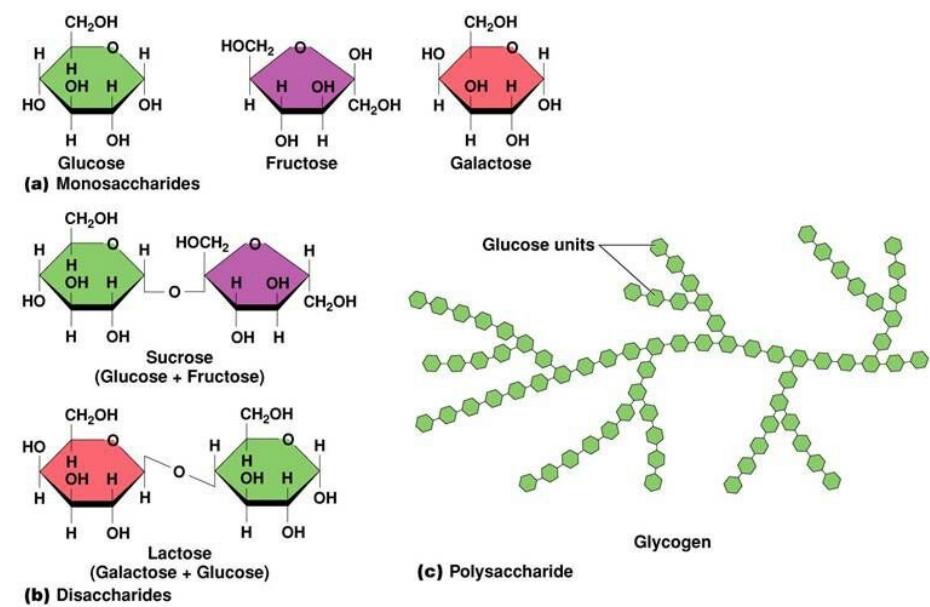
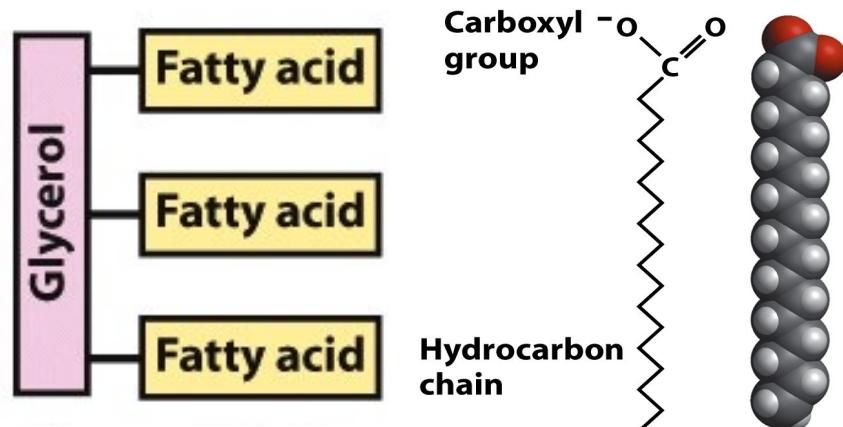
Fig. 9-5

- Cette énergie libérée est ensuite utilisée pour synthétiser de l'ATP



L'énergie est stockée sous forme de liaison chimique contenant de l'hydrogène

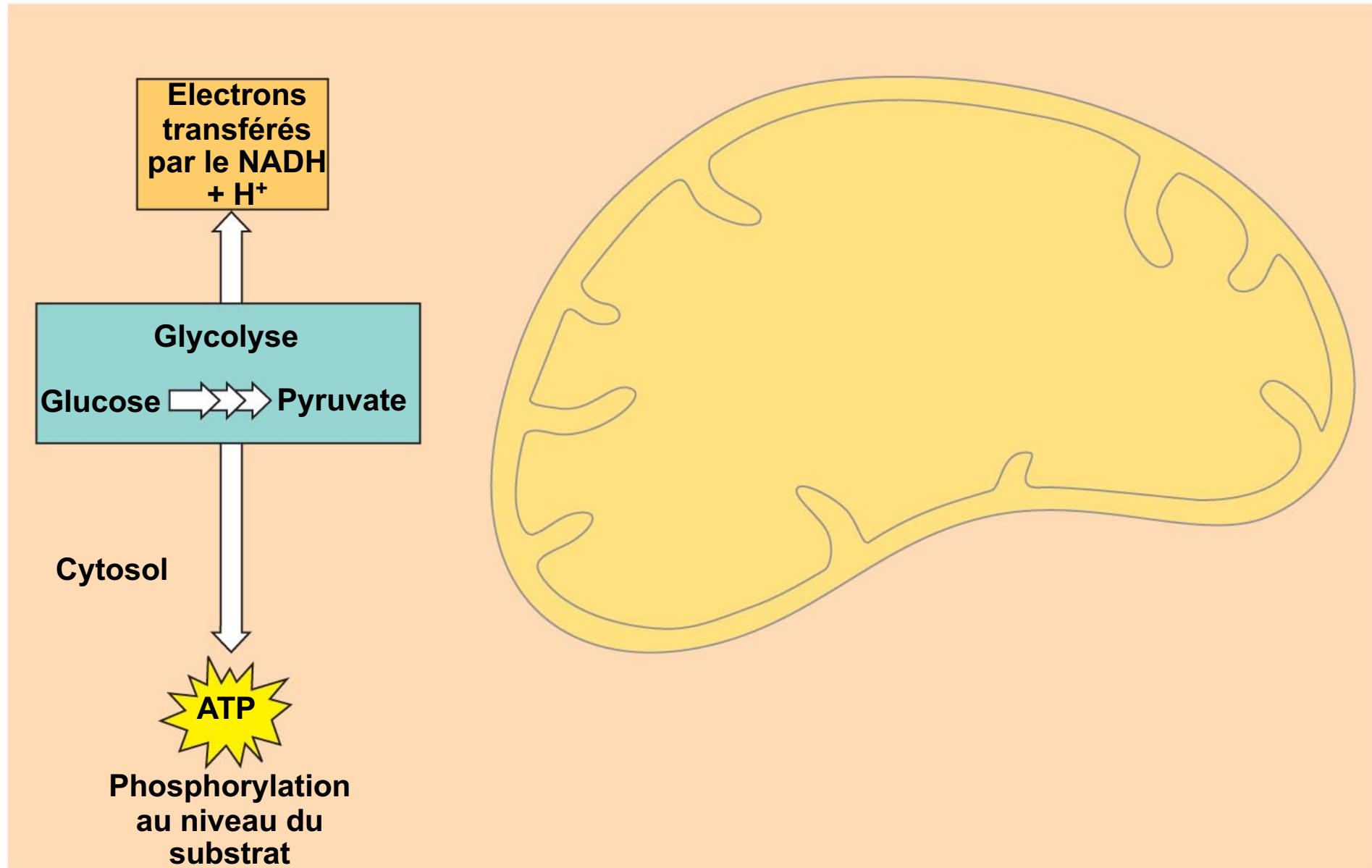
- Les principaux **nutriments** énergétiques, les glucides et les lipides, sont des **réservoirs d'électrons associés à de l'hydrogène**
- Ces liaisons d'hydrogène sont sources d'électrons à forte énergie potentielle



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

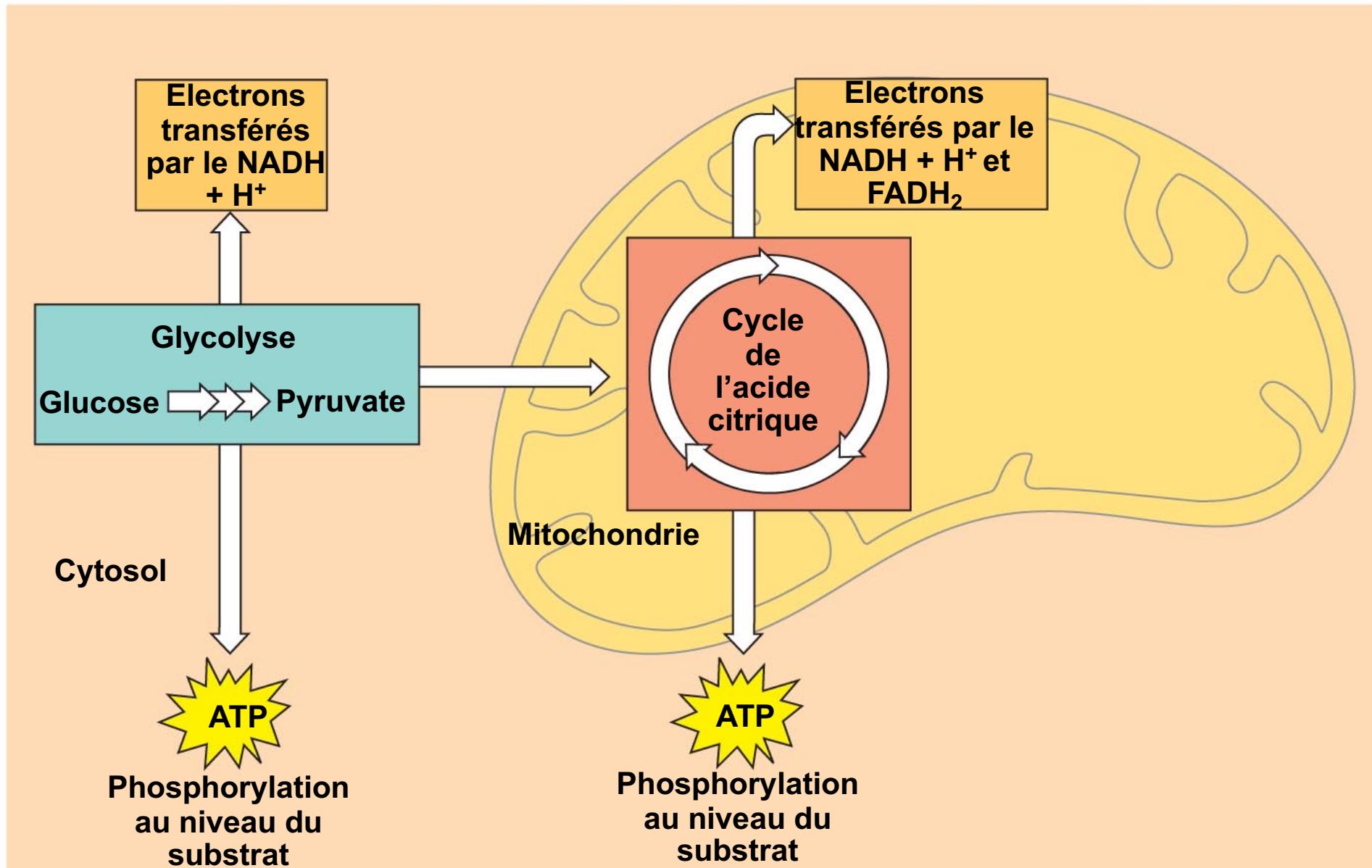
La respiration cellulaire: les étapes

- La respiration cellulaire se divise en **trois étapes**:
 - La **glycolyse** (elle scinde une molécule de glucose en deux molécules de pyruvate)
 - Le **cycle de l'acide citrique** (où s'achève la dégradation du glucose en CO_2)
 - La **phosphorylation oxydative** (qui produit la plupart de l'ATP)
-



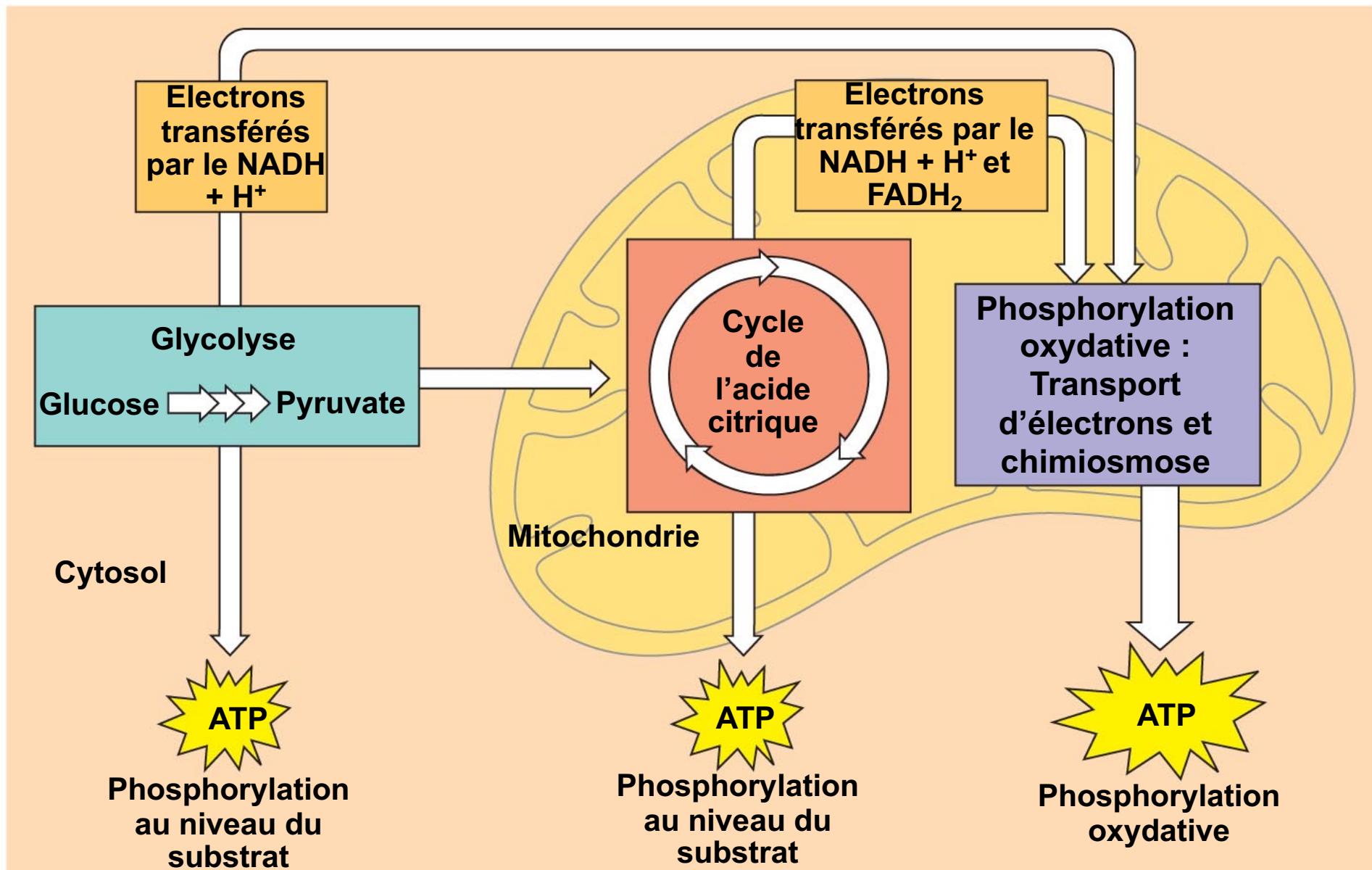
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Fig. 9-6-1



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

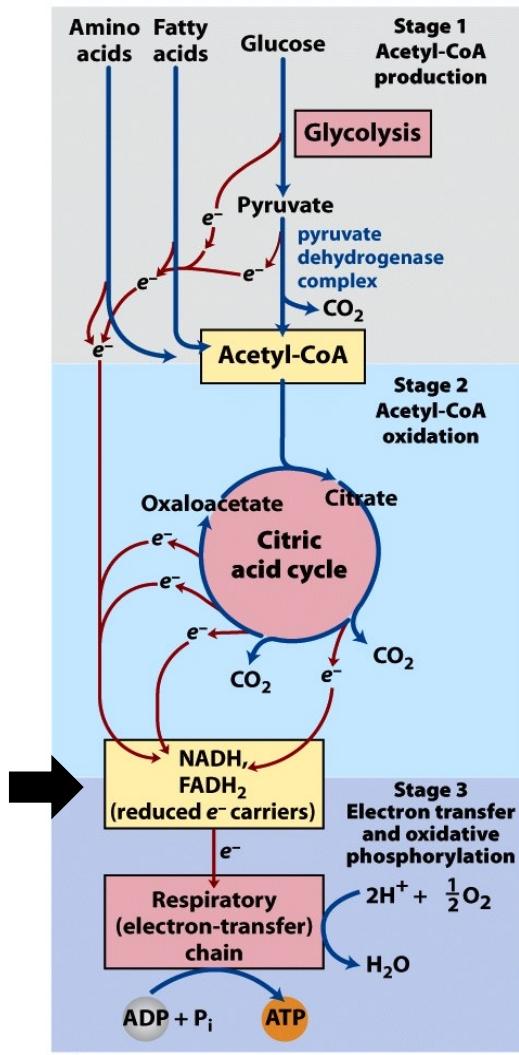
Fig. 9-6-2



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Fig. 9-6-3

Le transfert des électrons passe par le NAD⁺ qui fonctionne comme un transporteur d'électrons



- Les électrons sont en général transférés en premier à une coenzyme appelée **nicotinamide adénine dinucléotide (NAD⁺)**
- En tant qu'accepteur d'électrons, NAD⁺ fonctionne comme **agent oxydant** (accepteur d'électrons) pendant la respiration cellulaire
- Chaque molécule de NADH (forme réduite du NAD⁺) représente une source d'énergie qui peut être utilisée pour synthétiser de l'ATP

Figure 16-1
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

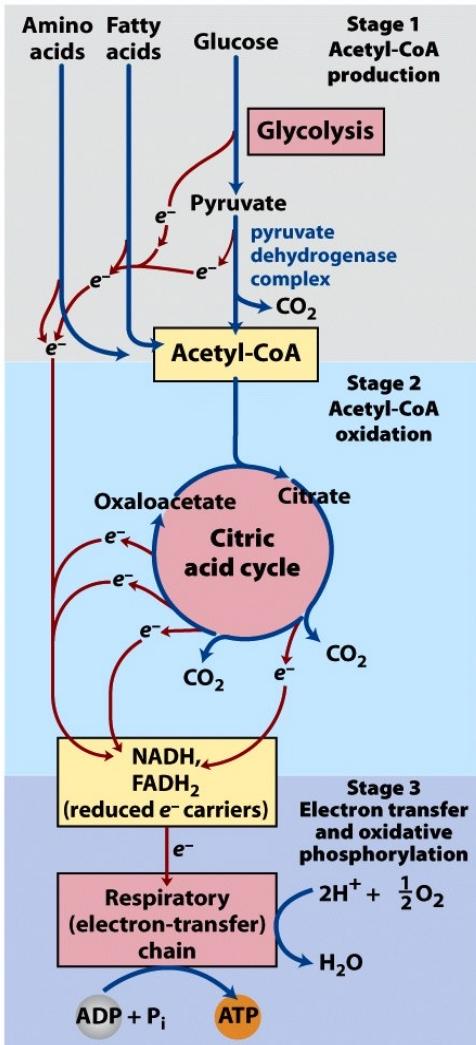
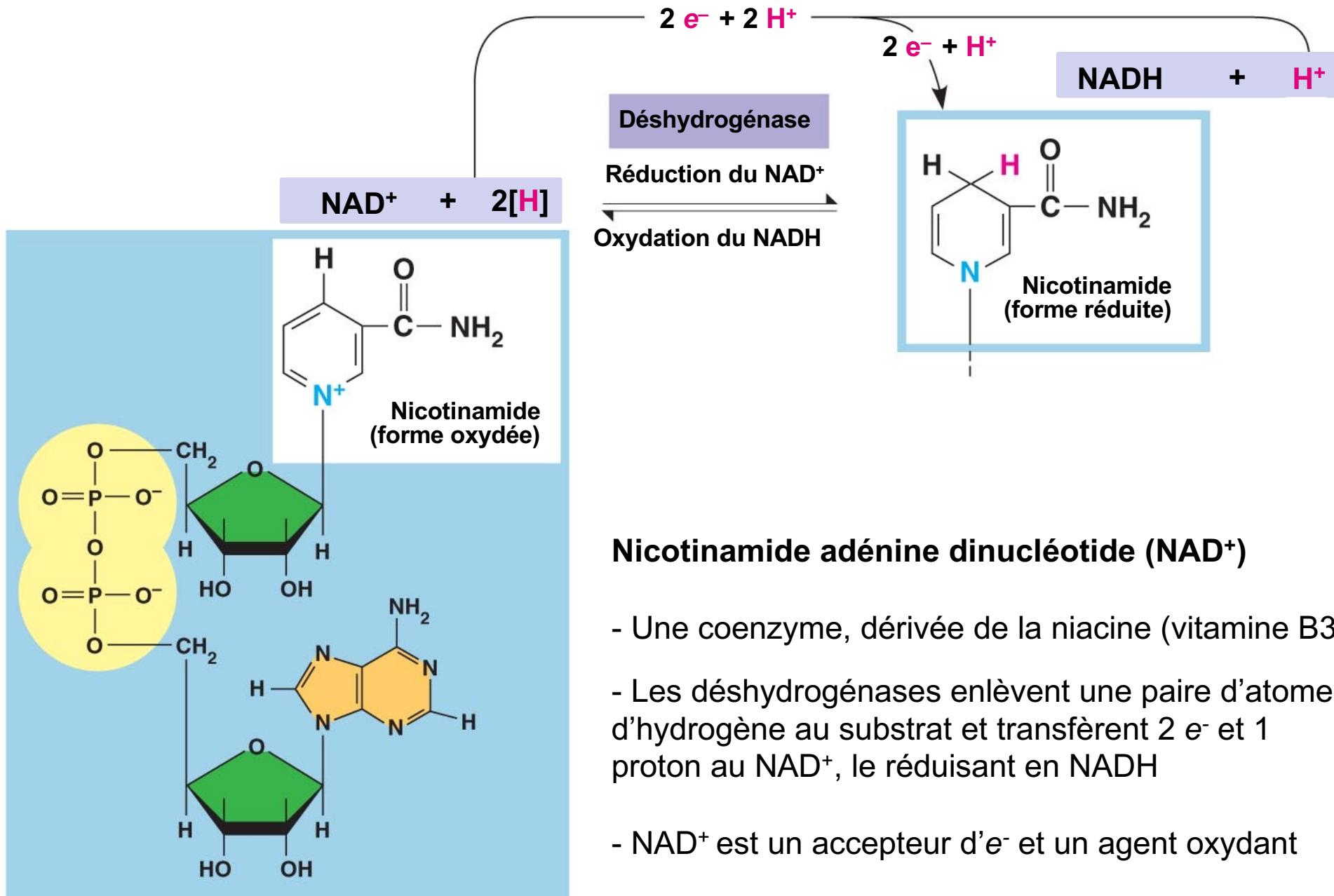


Figure 16-1

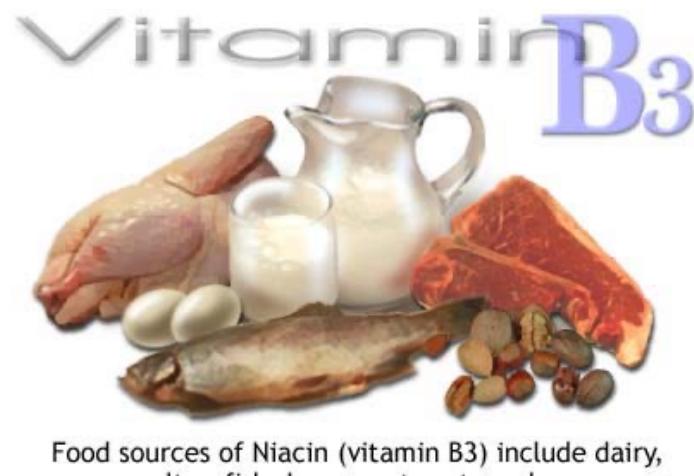
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
 © 2008 W. H. Freeman and Company

- Le NADH transfère les électrons à la **chaîne de transport d'électrons (CTE)**
- La **chaîne de transport d'électrons** est un processus contrôlé permettant de transférer les électrons en une série d'étapes libérant un peu d'énergie plutôt qu'en une seule étape explosive
- L' O_2 attire à lui les électrons de la chaîne de transport dans une cascade énergétique les amenant à une position plus stable
- L'énergie libérée à chaque étape est utilisée pour synthétiser de l'ATP



NAD⁺ est un dérivé de la vitamine B3 (niacine)

- Une carence en Vitamine B3 entraîne l'apparition du Pellagre, une maladie très répandue dans les années 1900
- Découverte par Conrad Elvehjem
- **Dermatite, Diarrhée, Démence, et Mort**

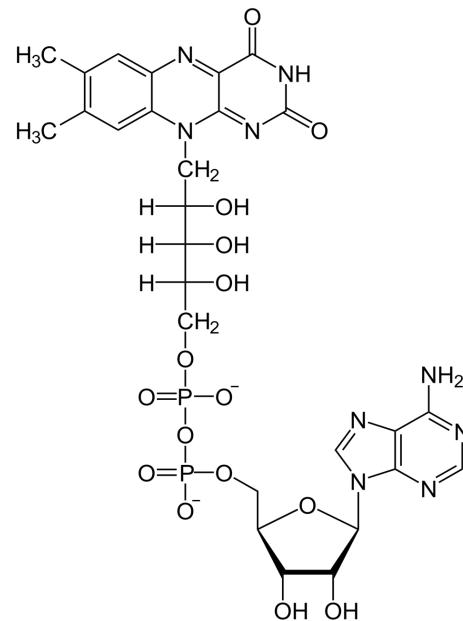


Conrad Elvehjem (1901-1962),
a découvert la vitamine B3 et
son rôle dans le développement

Le transfert des électrons peut également passer par le FAD – par exemple dans le cycle acide citrique

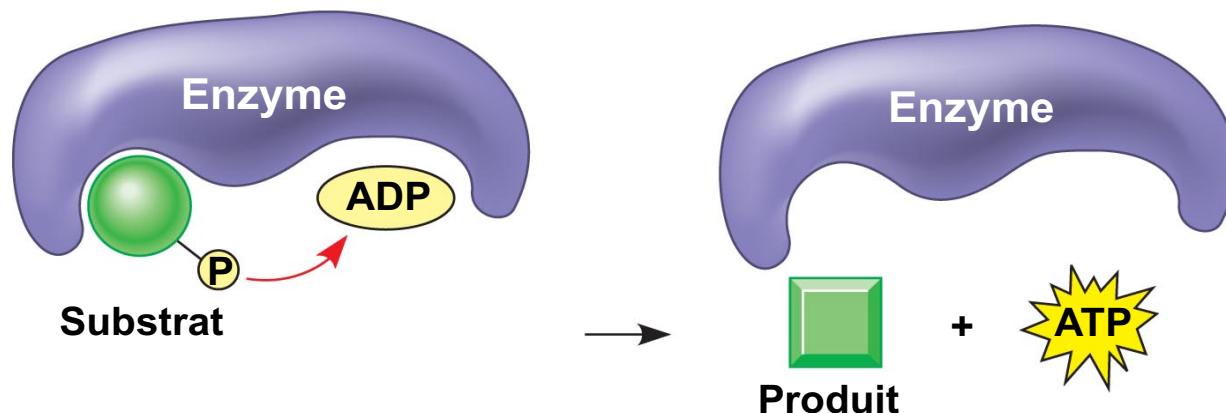
Flavin adénine dinucléotide, FAD

- La FAD est dérivée de la riboflavine ou vitamine B2 (forme oxydée est jaune)
 - la forme réduite est la FADH₂
 - Les déficiences en FAD sont connues pour produire “*Pellagra sine Pellagra*”



Phosphorylation oxydative vs phosphorylation au niveau du substrat

- Près de 90% de l'ATP généré par la respiration cellulaire provient de la **phosphorylation oxydative**
- Une quantité moindre d'ATP se forme directement au cours d'un petit nombre de réactions de la glycolyse et du cycle de l'acide citrique. Ce sont **les phosphorylations au niveau du substrat**

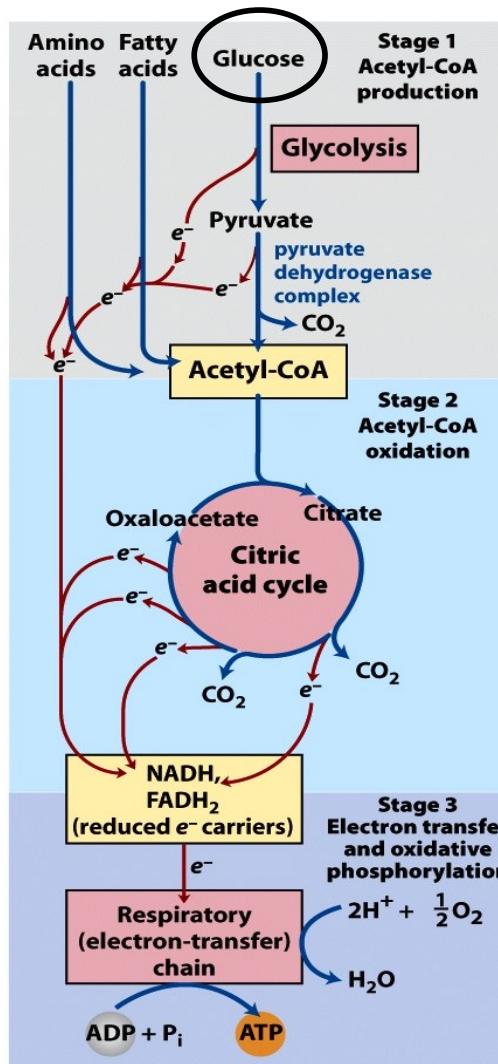


Formation d'ATP par transfert enzymatique

Fig. 9-7

Concept 9.2: La glycolyse

La glycolyse libère de l'énergie chimique en oxydant le glucose en pyruvate



- La glycolyse (“dégradation du glucose”) scinde une molécule de glucose en deux molécules de pyruvate
- La glycolyse se déroule dans le cytoplasme et se divise en deux phases:
 - La phase d’investissement d’énergie (réactions 1-5)
 - La phase de libération (récupération) d’énergie (réactions 6-10)

Figure 16-1
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

La phase d'investissement d'énergie (réactions 1-5)

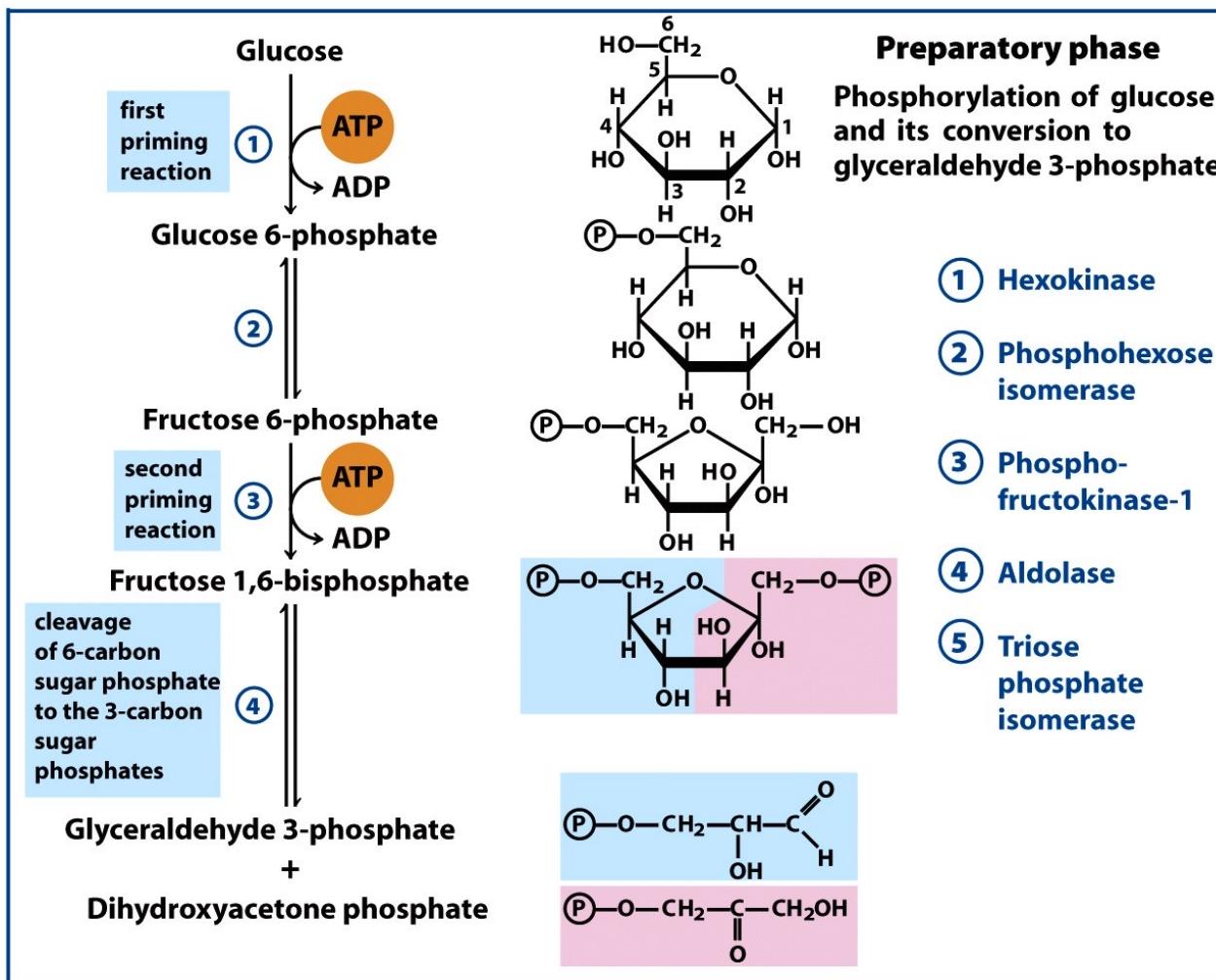


Figure 14-2a

Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

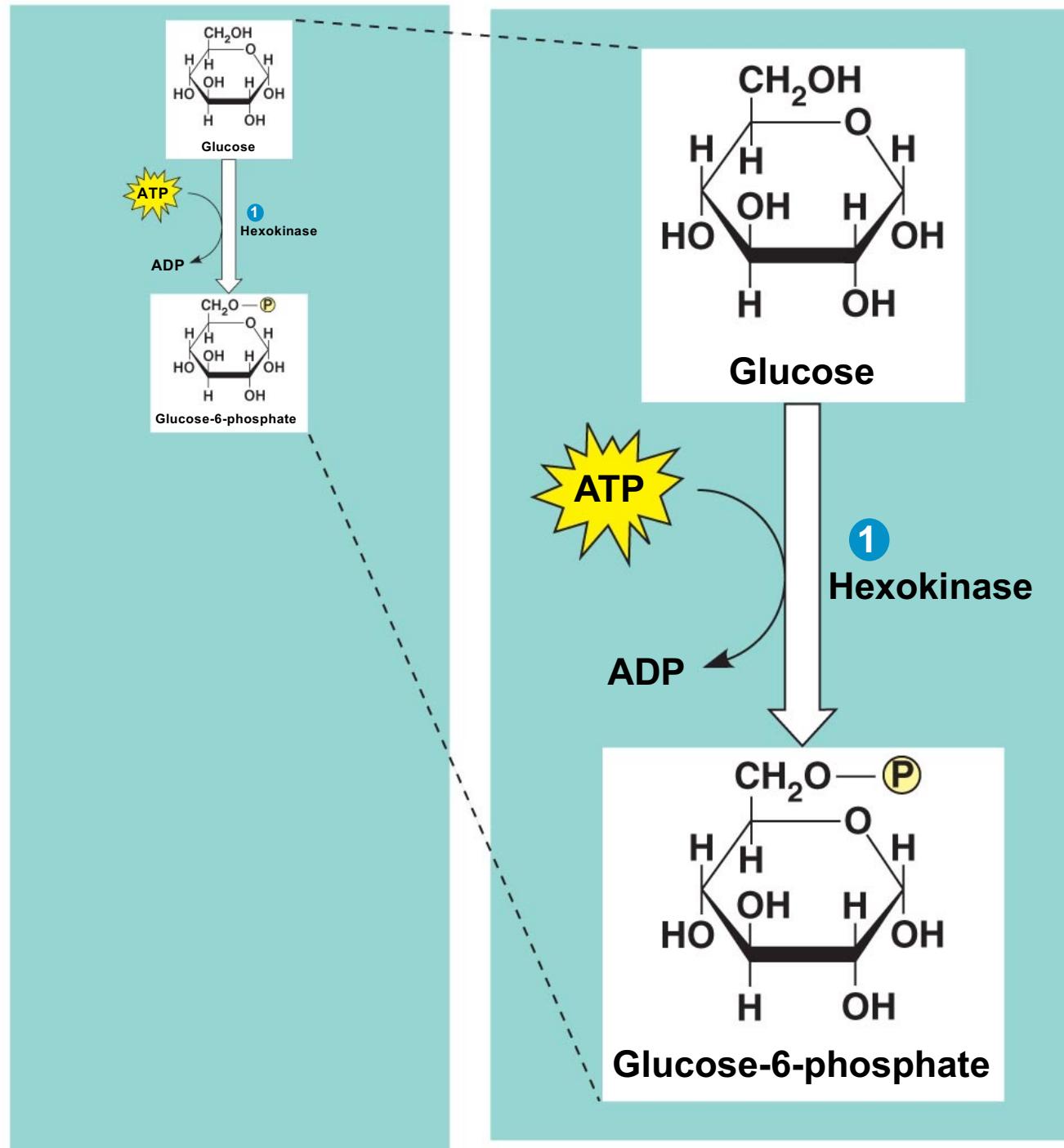
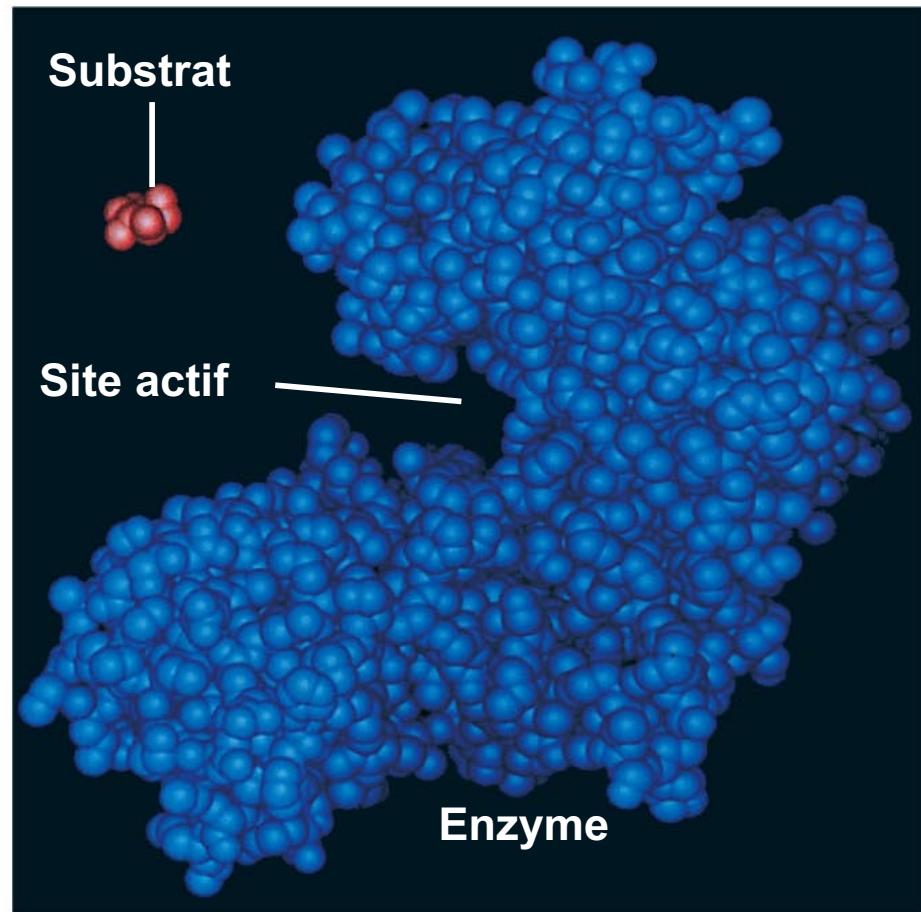
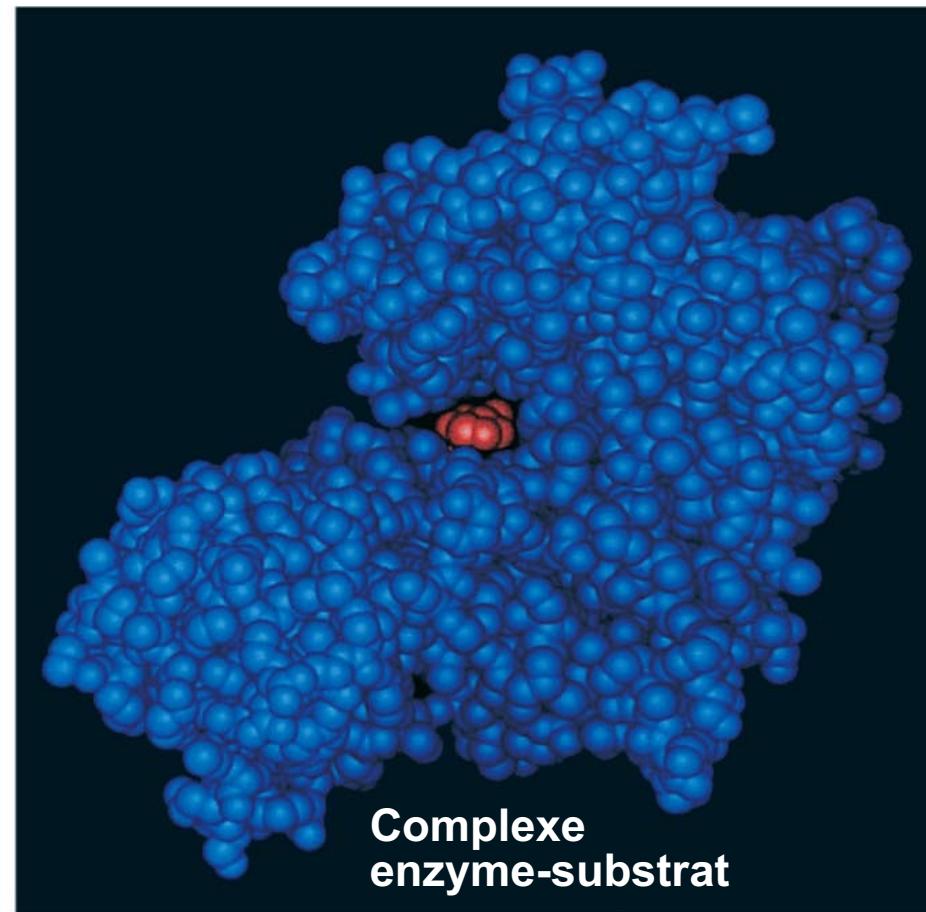


Fig. 8-16



(a)

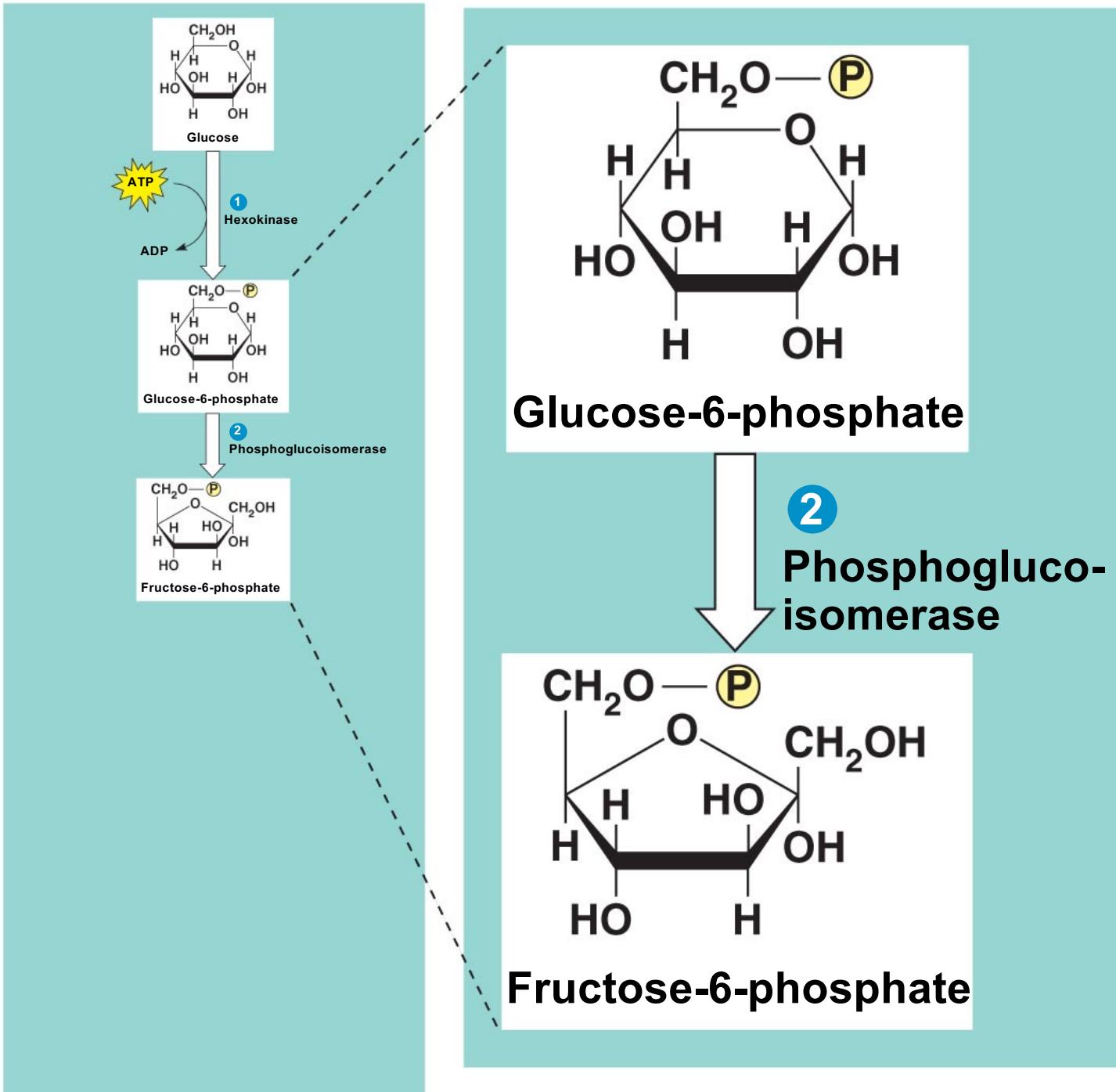


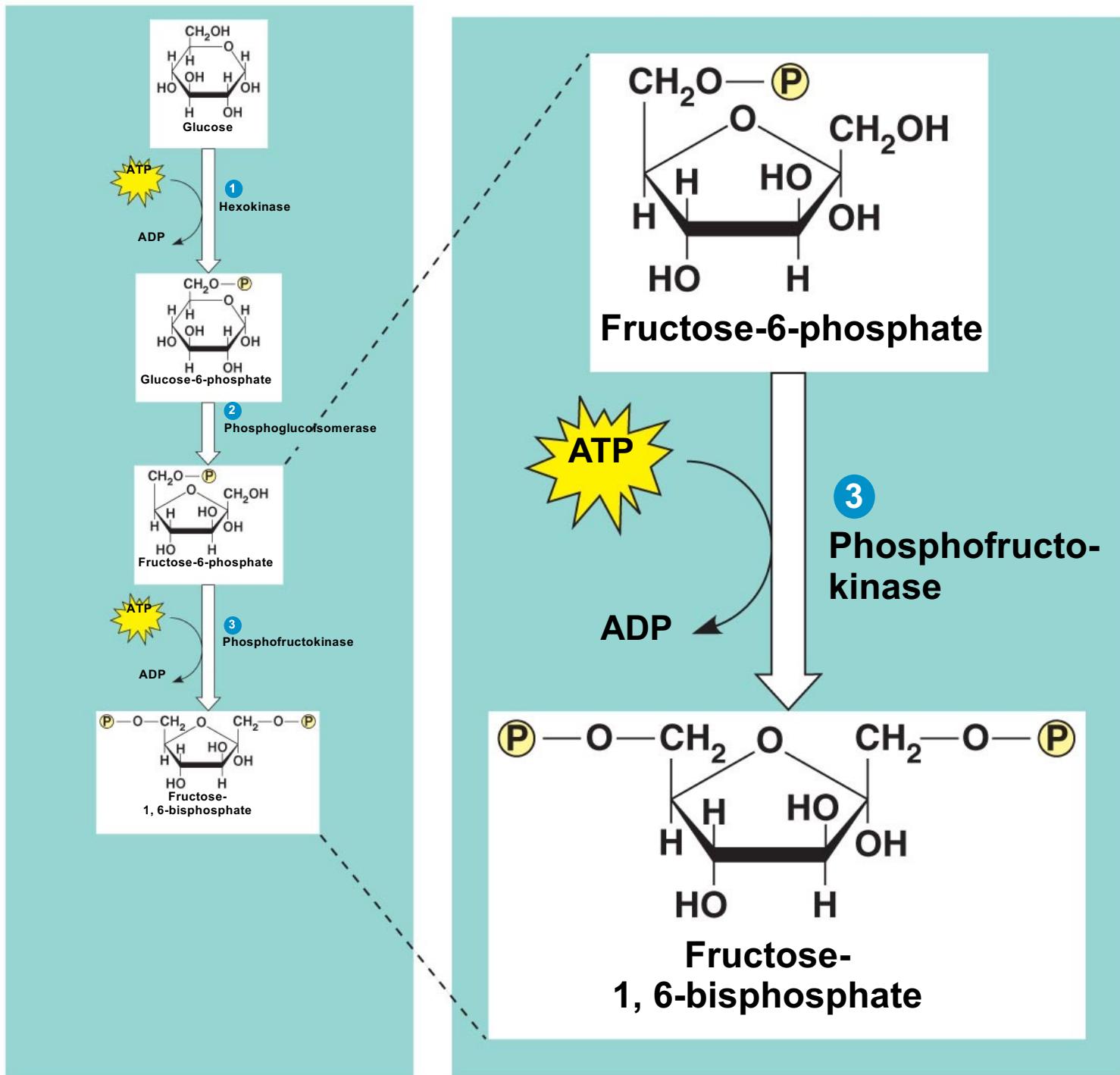
(b)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Glucose = substrat ; Hexokinase = enzyme

Glucose → Glucose-6-phosphate





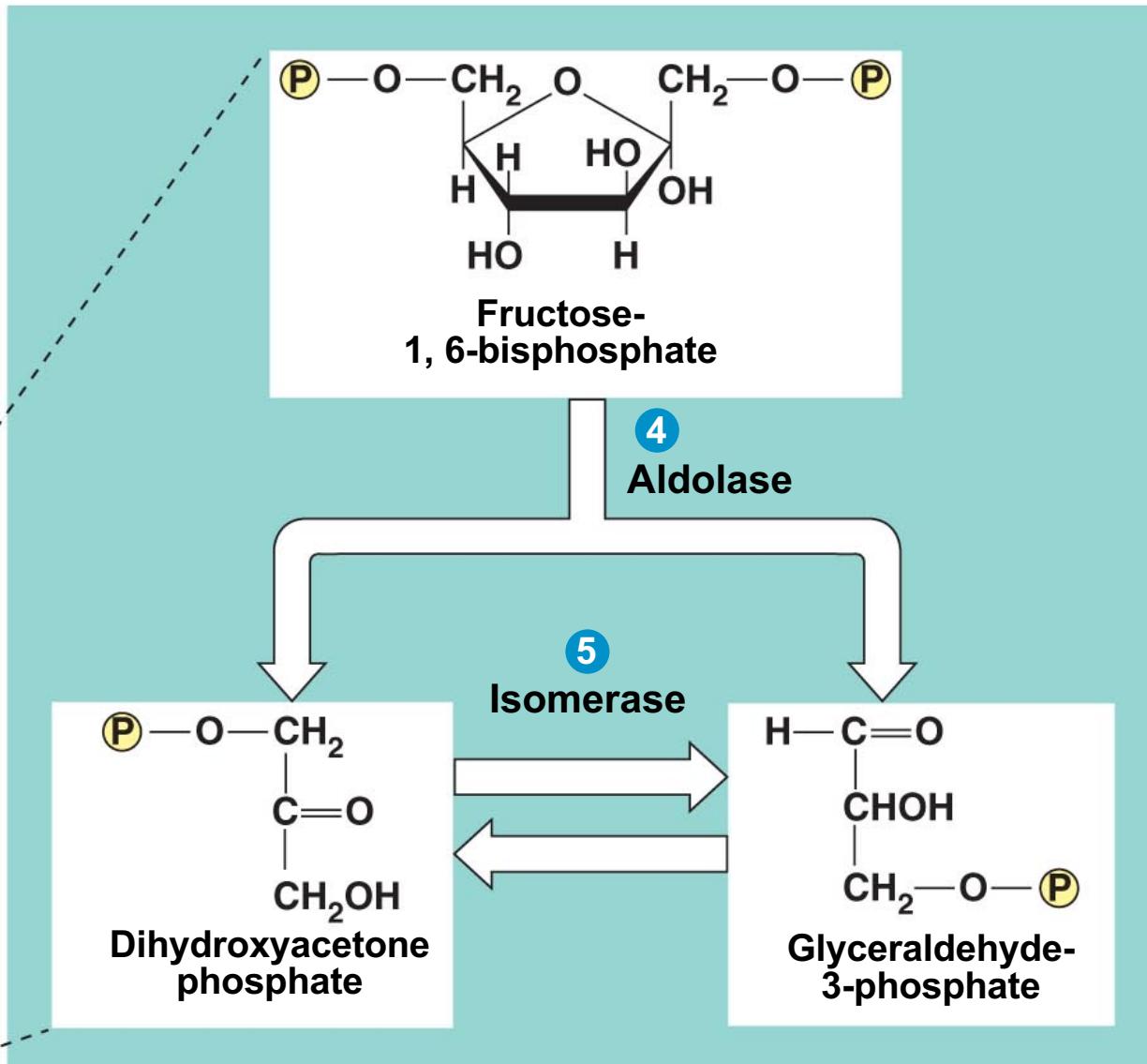
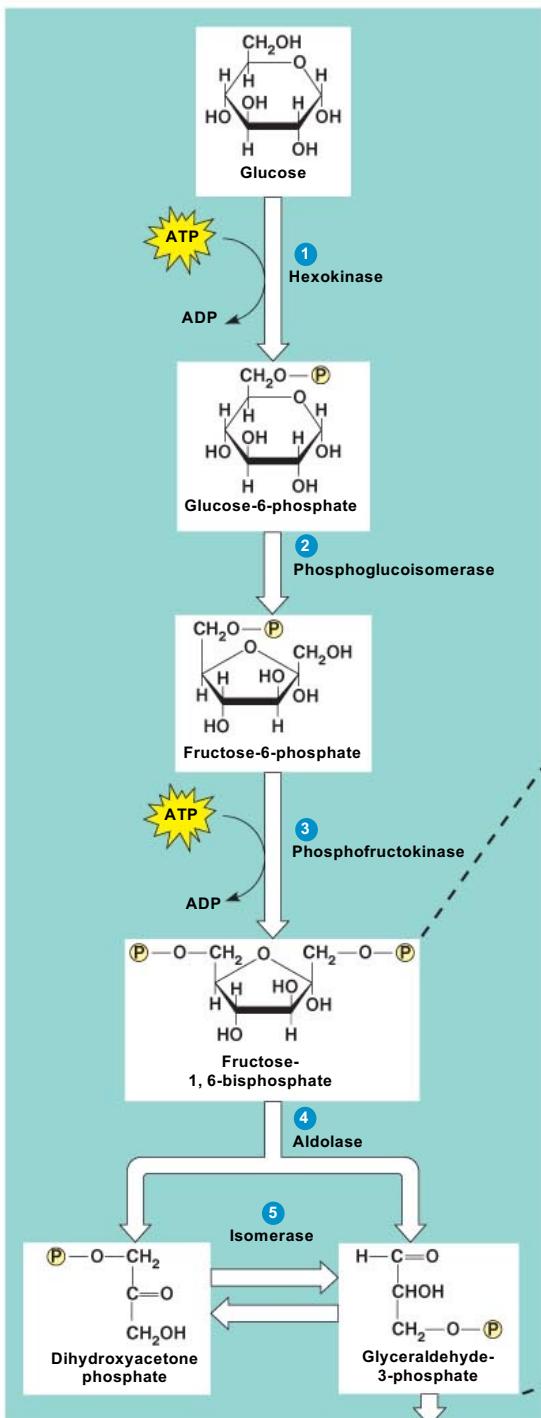


Fig. 9-9-4

Glycolysis

a rap lecture

by

Glenn Wolkenfeld

La phase de libération d'énergie (réactions 6-10)

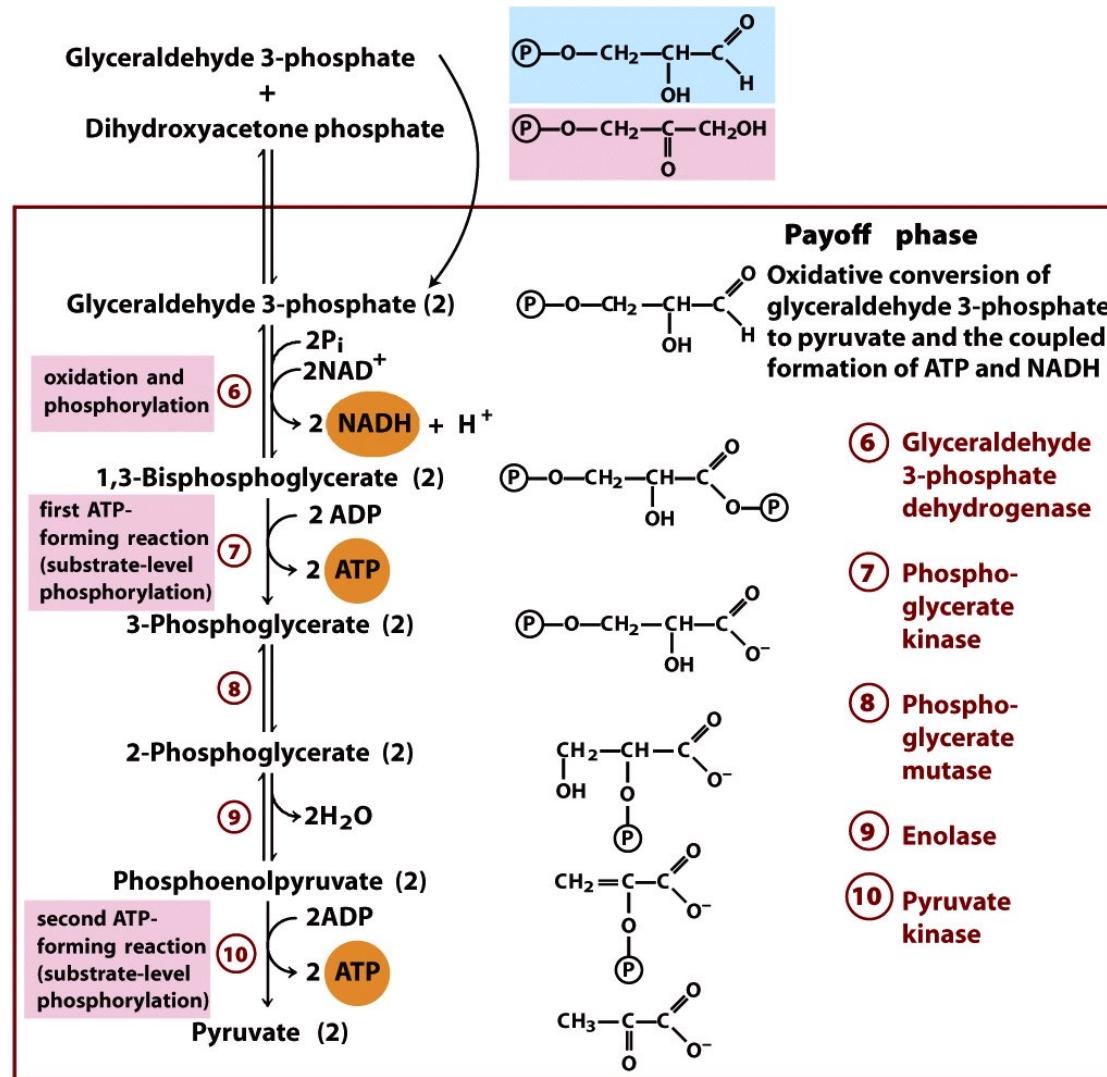
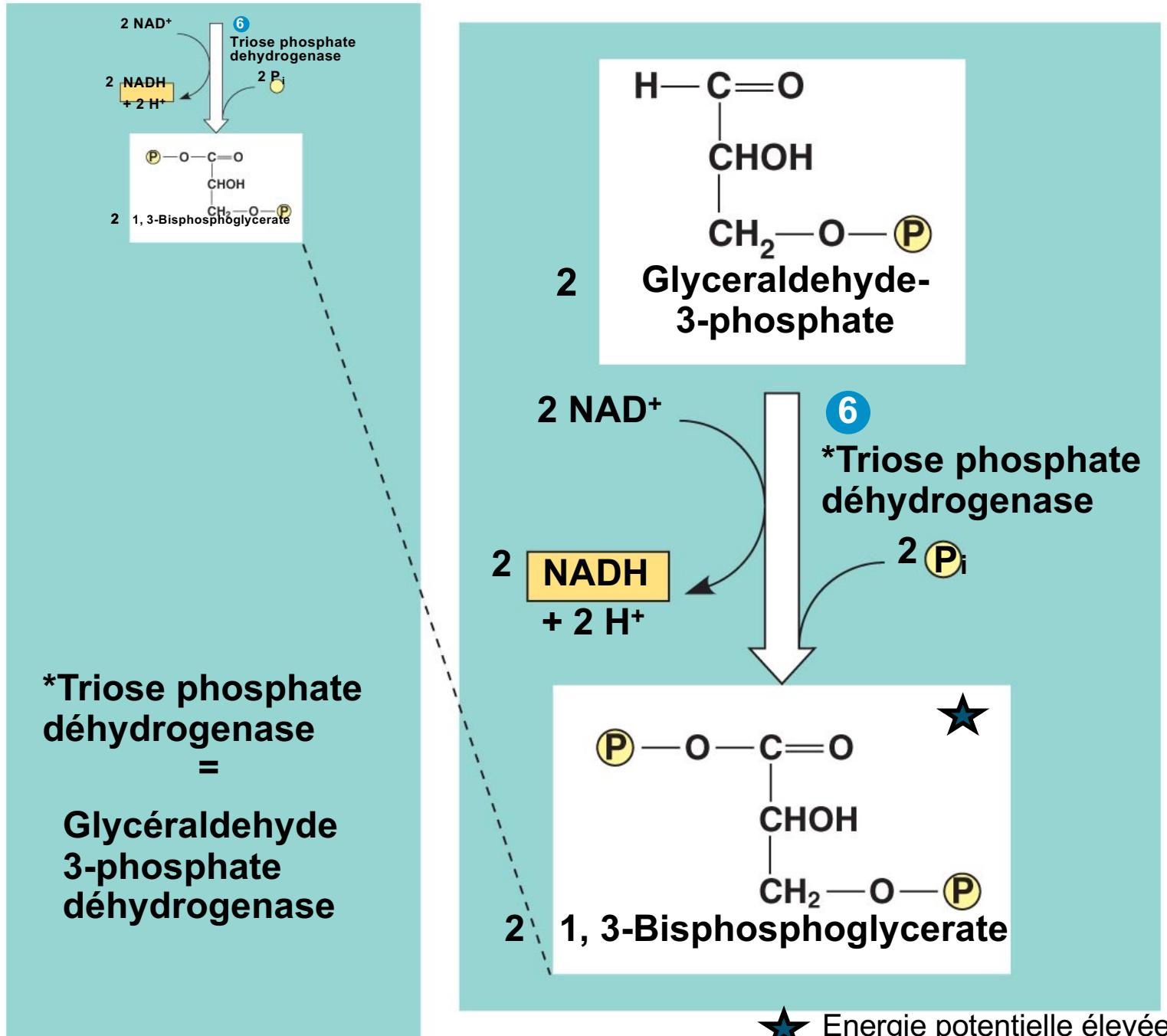


Figure 14-2b

Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition

© 2008 W.H. Freeman and Company

Fig. 9-9-5



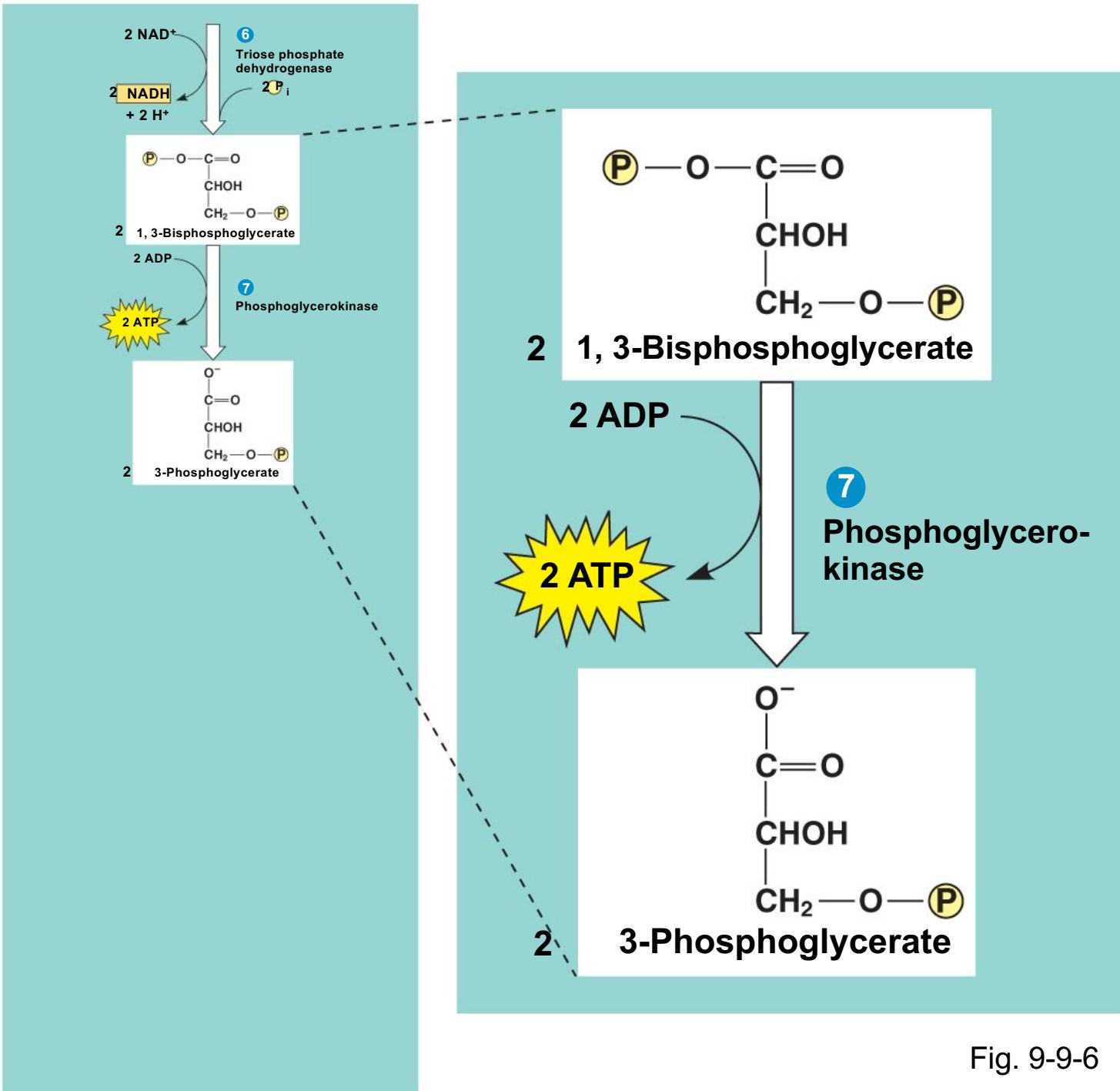


Fig. 9-9-6

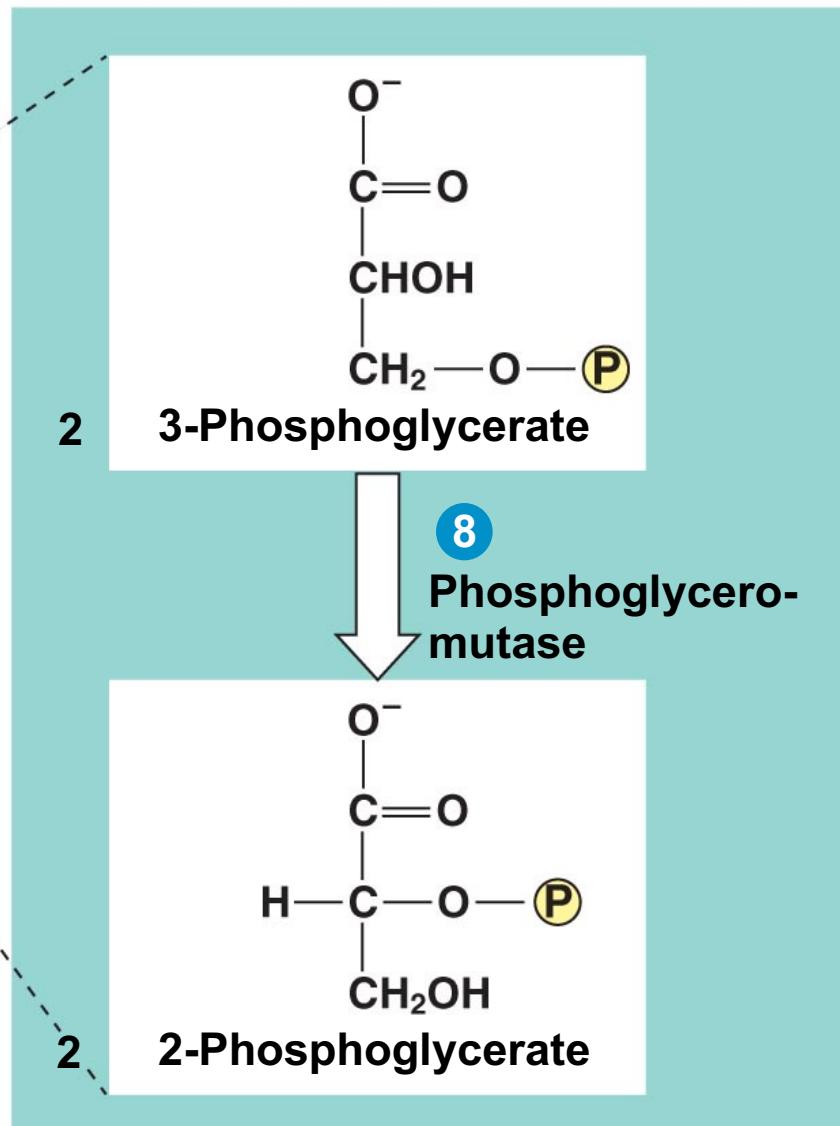
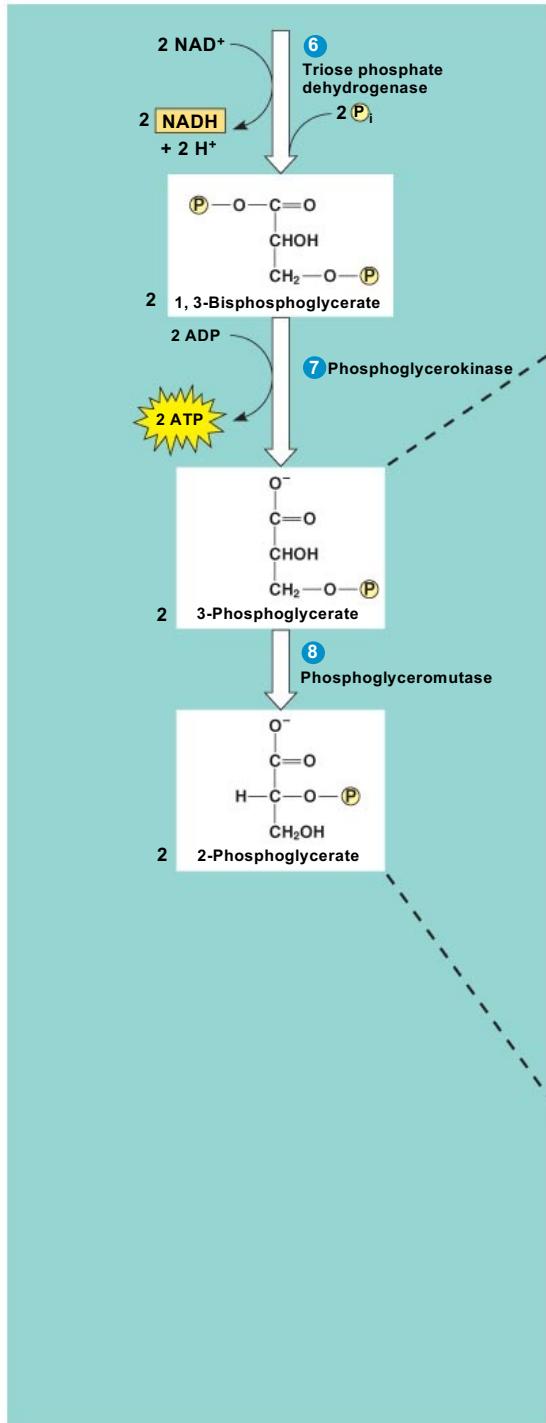


Fig. 9-9-7

Fig. 9-9-8

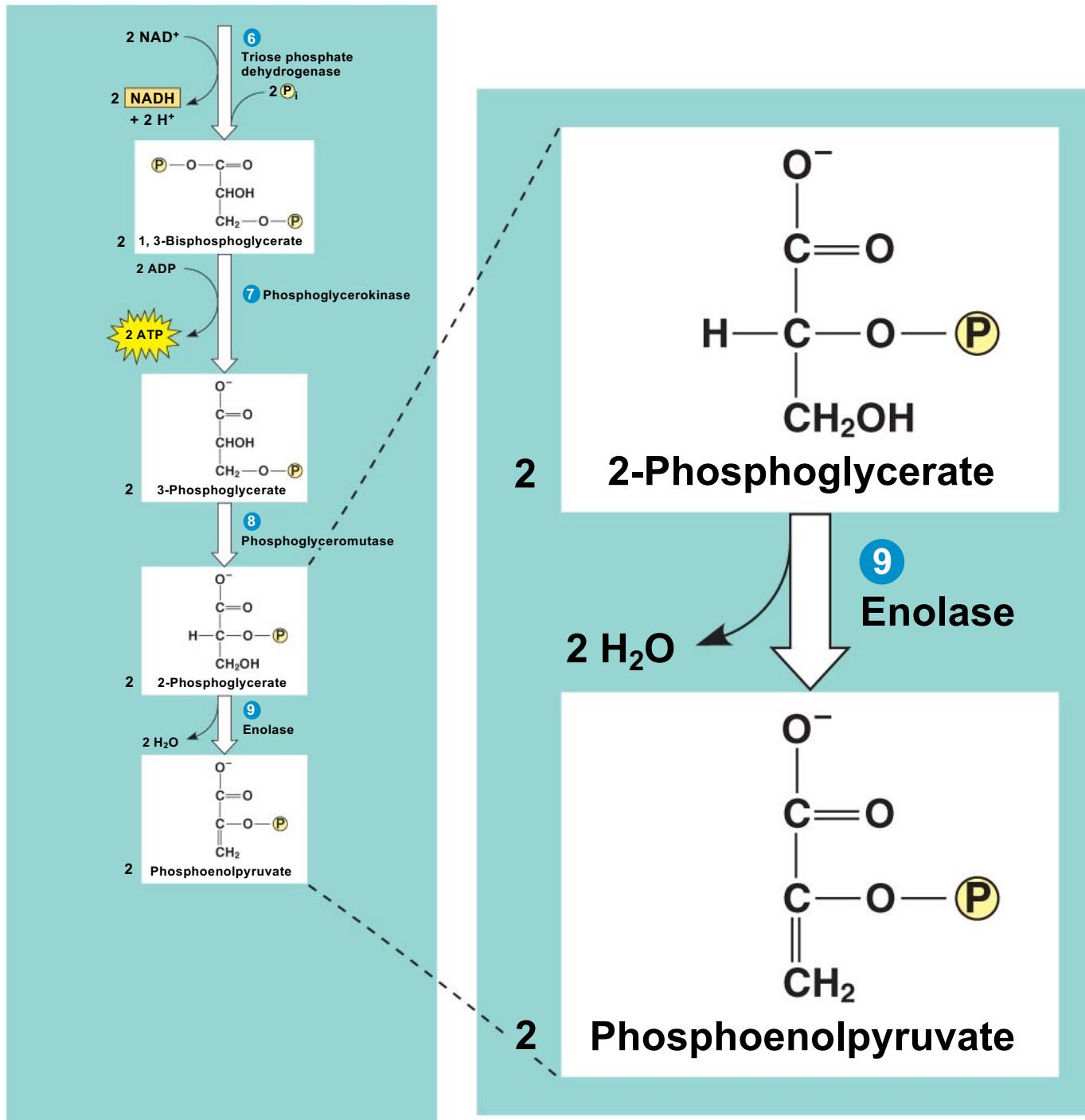
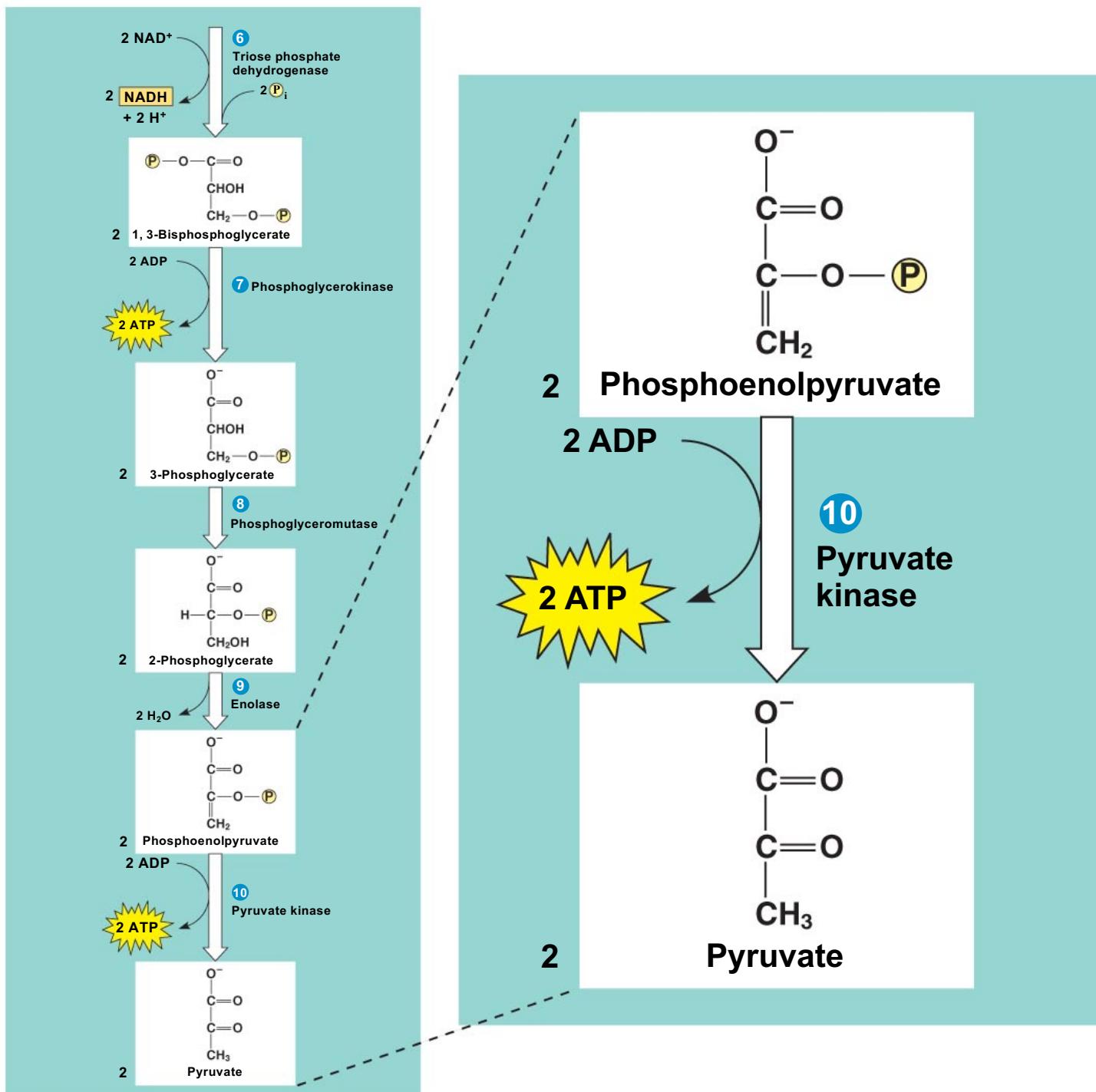
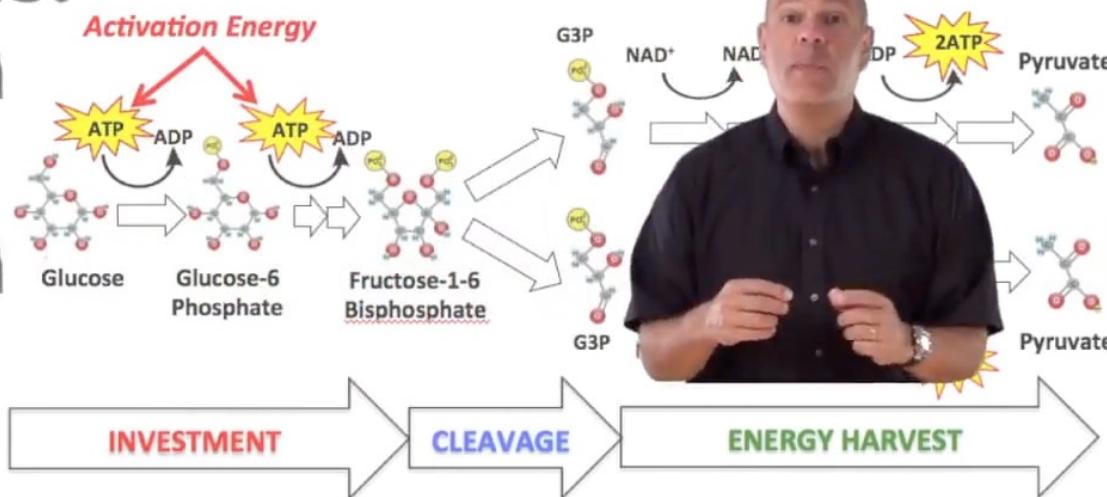


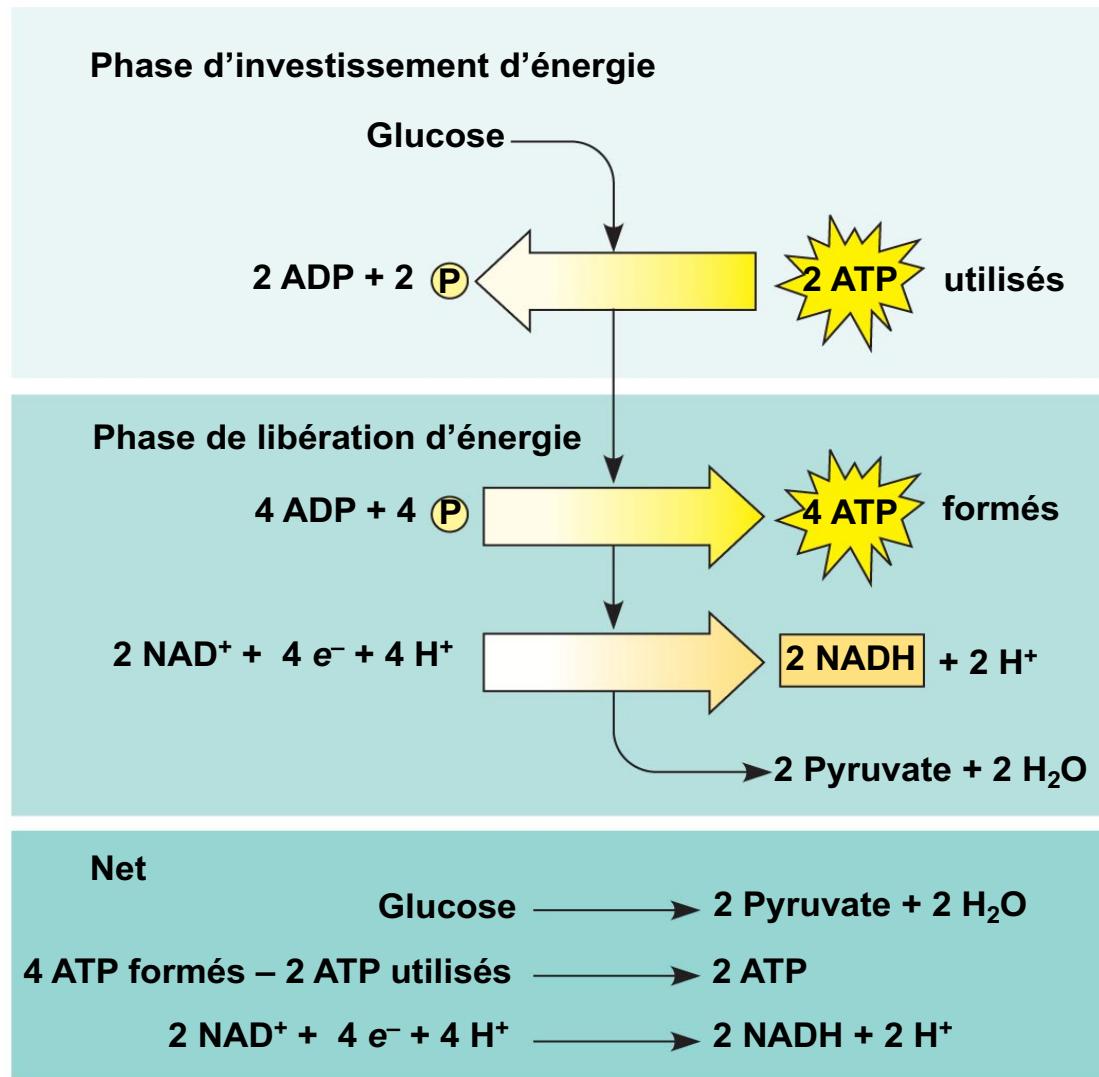
Fig. 9-9-9



Glycolysis!
Come on
sugar.
Come on
sugar,
for the
breakdown.
For the breakdown!



Bilan énergétique de la glycolyse



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Fig. 9-8

Concept 9.3: Le cycle de l'acide citrique

Le cycle de l'acide citrique achève l'oxydation, génératrice d'énergie, des molécules organiques

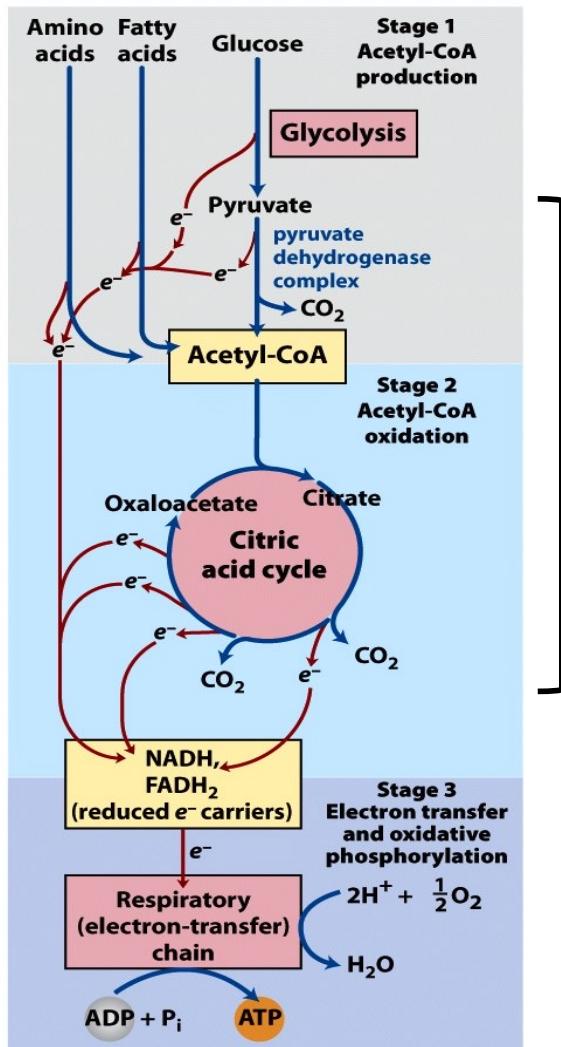
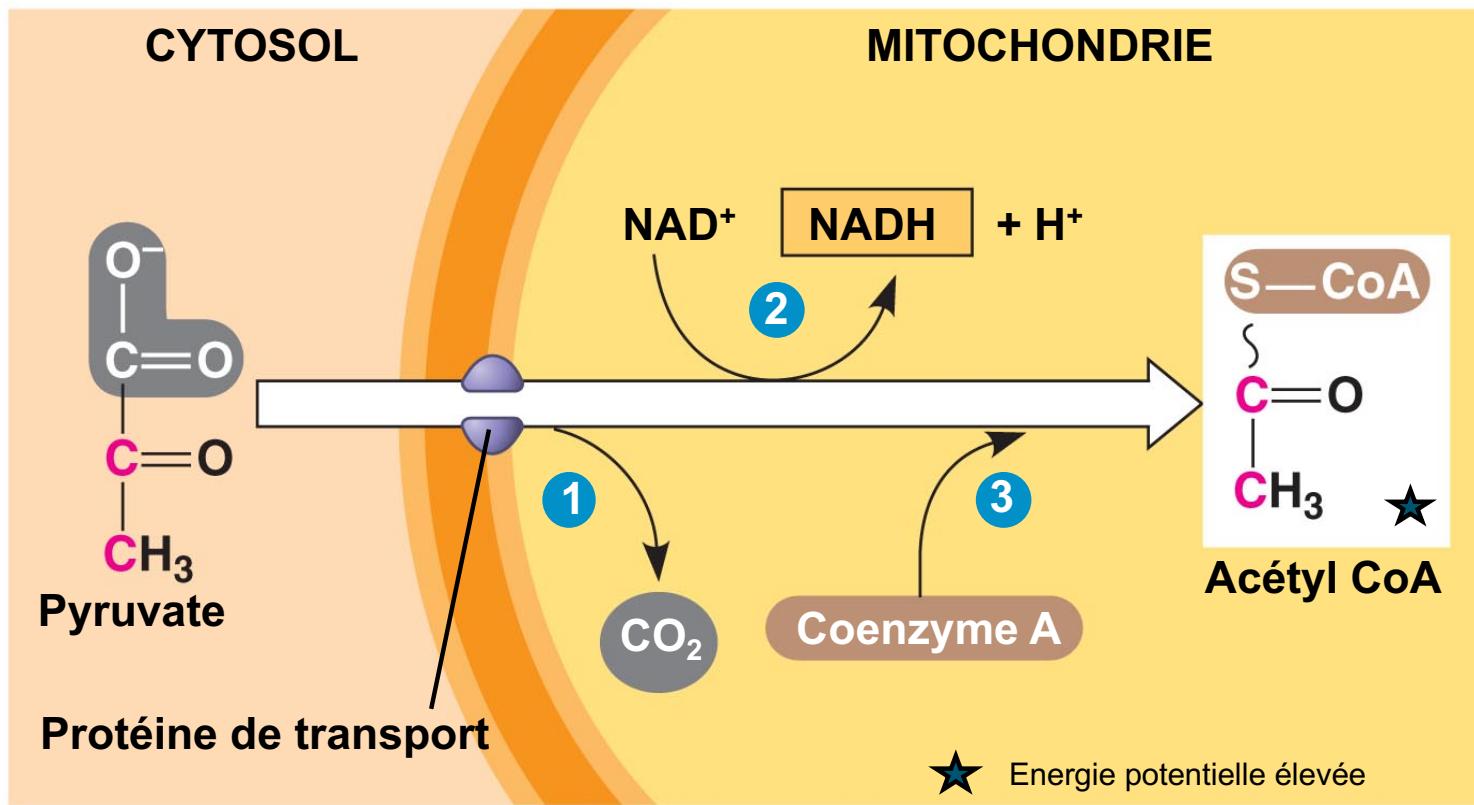


Figure 16-1
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

- En présence d' O_2 , le pyruvate entre dans la mitochondrie
- Avant que le cycle de l'acide citrique ne puisse commencer, le pyruvate doit être converti en **acétyl CoA**.
- La conversion du pyruvate en acétyl CoA s'effectue en trois étapes successives et est catalysé par un complexe multienzymatique, la **pyruvate déhydrogénase** (PDH).

Etape 1: Transport du pyruvate dans la mitochondrie et conversion en acétyl-CoA par la pyruvate déhydrogénase



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

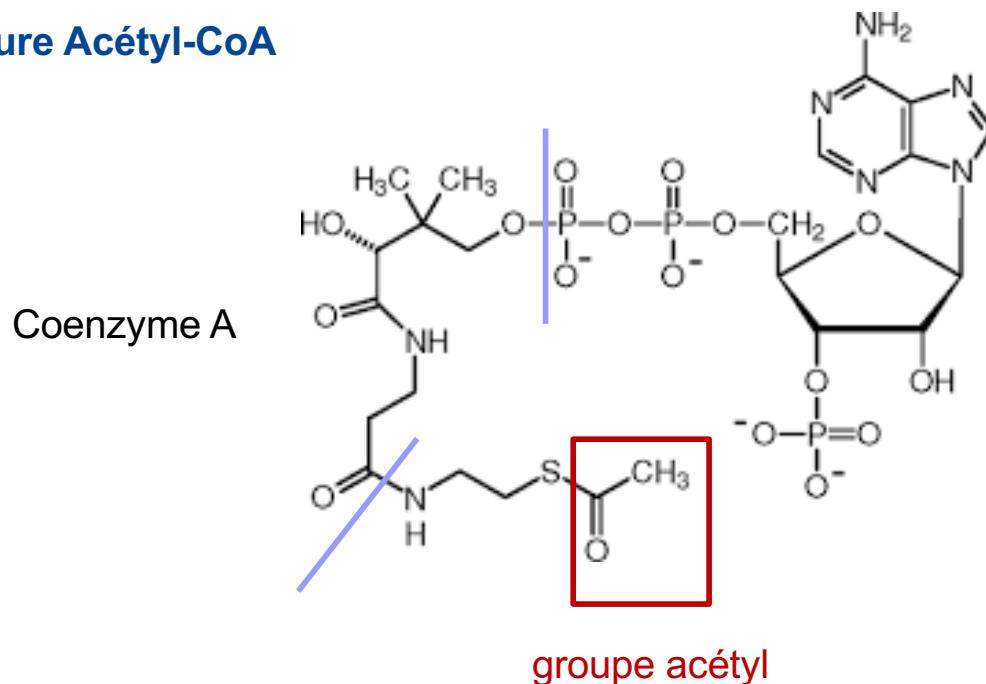
Fig. 9-10

1. Une première molécule de CO₂ est émise.
2. Le pyruvate est oxydé en acétylate. Une molécule de NADH est générée.
3. L'acétylate est attaché à la coenzyme A pour former l'acétyl-CoA, qui a une forte énergie potentielle.

Le précurseur du Coenzyme A: l'acide pantothénique

- La vitamine B5 est requise pour faire la coenzyme A (CoA)
- Les carences en vitamine B5 sont rares
- La vitamine B5 est présente dans presque tous les aliments

Structure Acétyl-CoA



Roger Williams (1893-1971), a découvert l'acide pantothénique (vitamine B5)

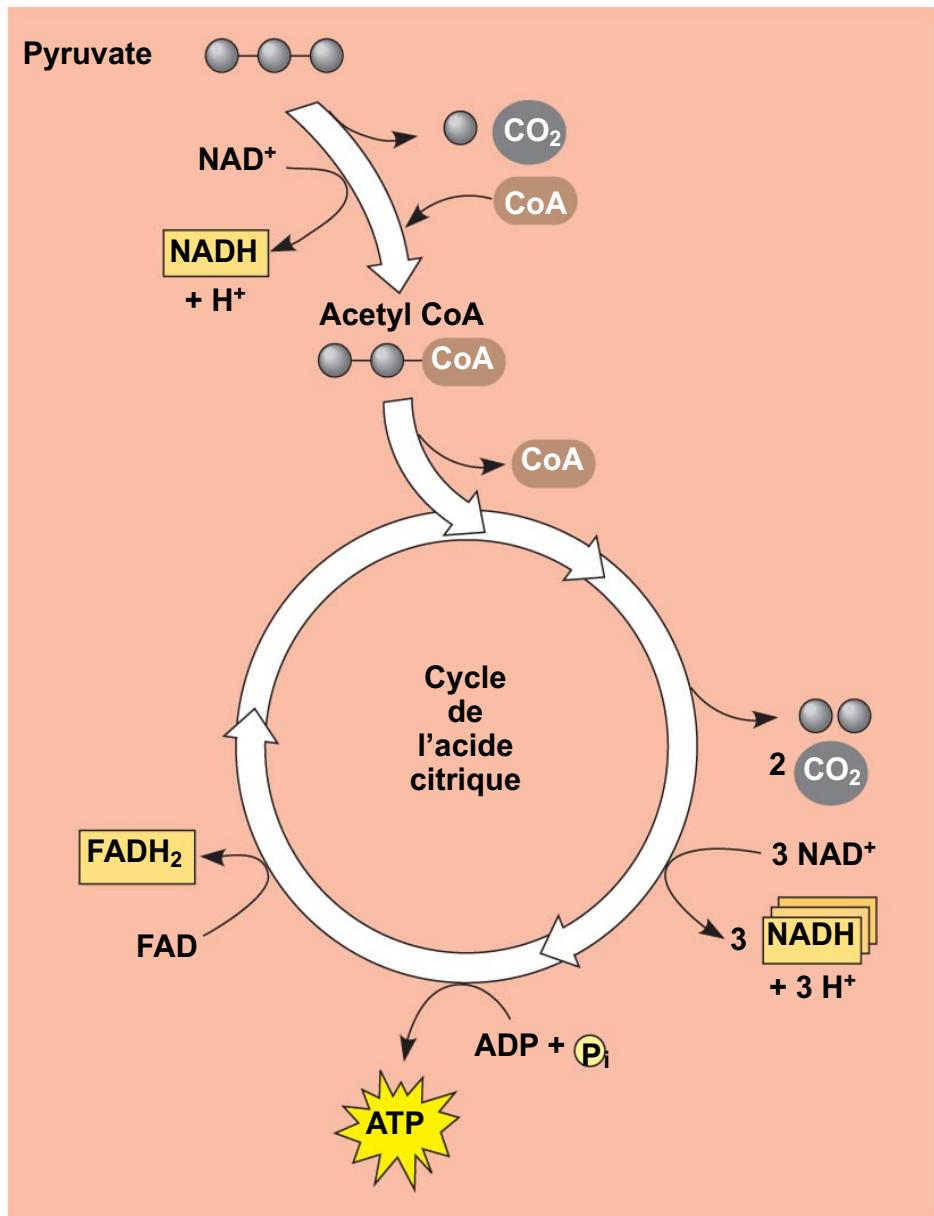
Etape 2: L'acétyl CoA entre dans le cycle de l'acide citrique

- **Le cycle de l'acide citrique**, également appelé **cycle de Krebs** ou **cycle de l'acide tricarboxylique**, se déroule dans la matrice mitochondriale
- Le cycle fonctionne comme une fournaise métabolique qui oxyde le combustible organique dérivé du pyruvate, générant 1 ATP, 3 NADH, et 1 FADH₂ par cycle.

Hans Krebs (1900-1981), a découvert le cycle de l'acide citrique et le cycle de l'urée.
Il reçut le prix Nobel en 1953



Le cycle de l'acide citrique: aperçu général



- Le cycle de l'acide citrique se déroule en 8 étapes. Chaque étape est catalysée par une enzyme
- Le groupement acétyle de l'acétyl-coA entre dans le cycle lorsqu'une enzyme le lie à l'oxaloacétate, ce qui forme du citrate
- Durant les sept étapes subséquentes, le citrate est oxydé et, de nouveau, de l'oxaloacétate est formé. La régénération de l'oxaloacétate explique pourquoi le processus est un cycle.
- Le NADH et la FADH₂ formés par le cycle de l'acide citrique transmettent les électrons extraits des nutriments à la chaîne de transport des électrons qui utilisera leur énergie pour produire de l'ATP

Fig. 9-11

Fig. 9-12-1

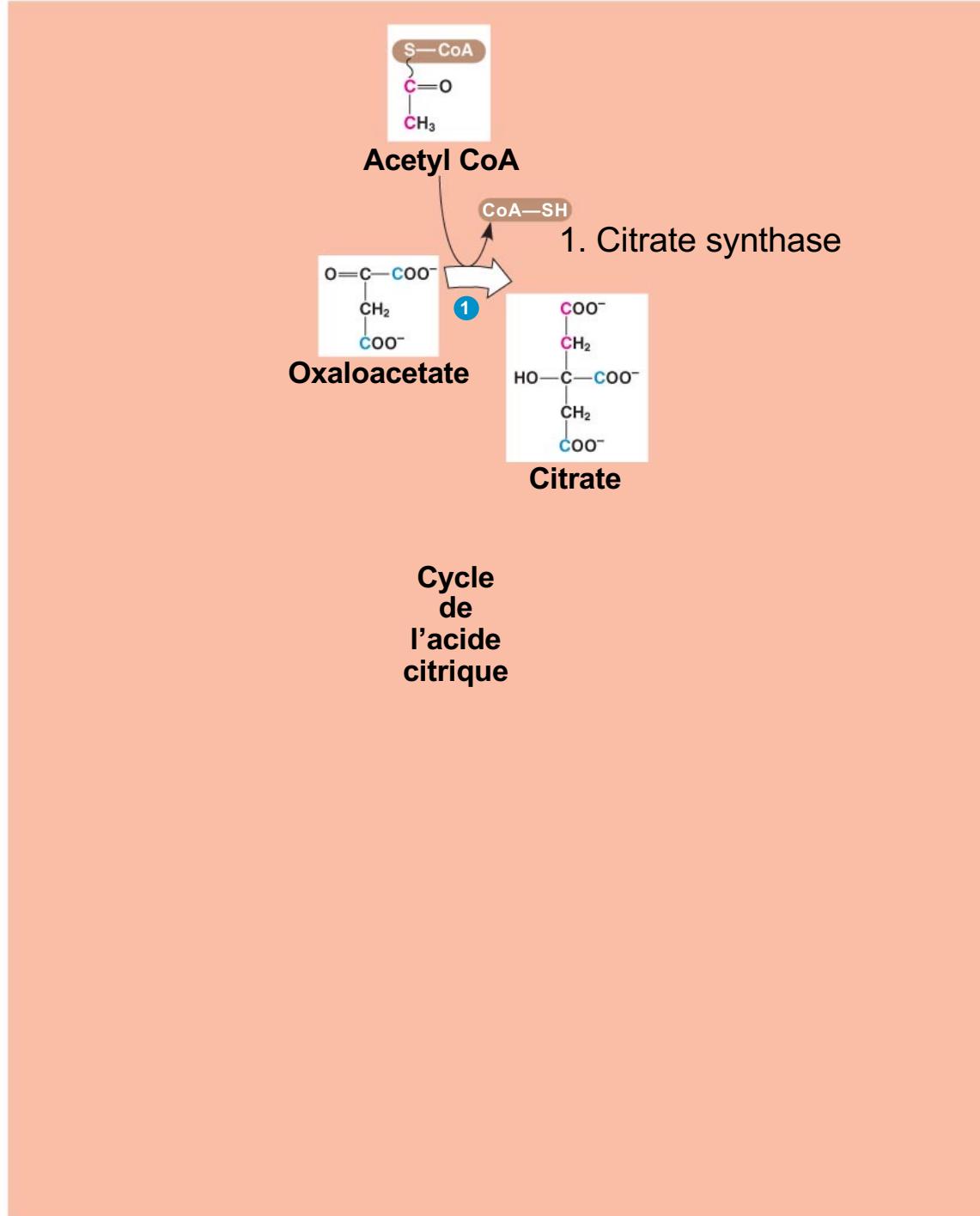


Fig. 9-12-2

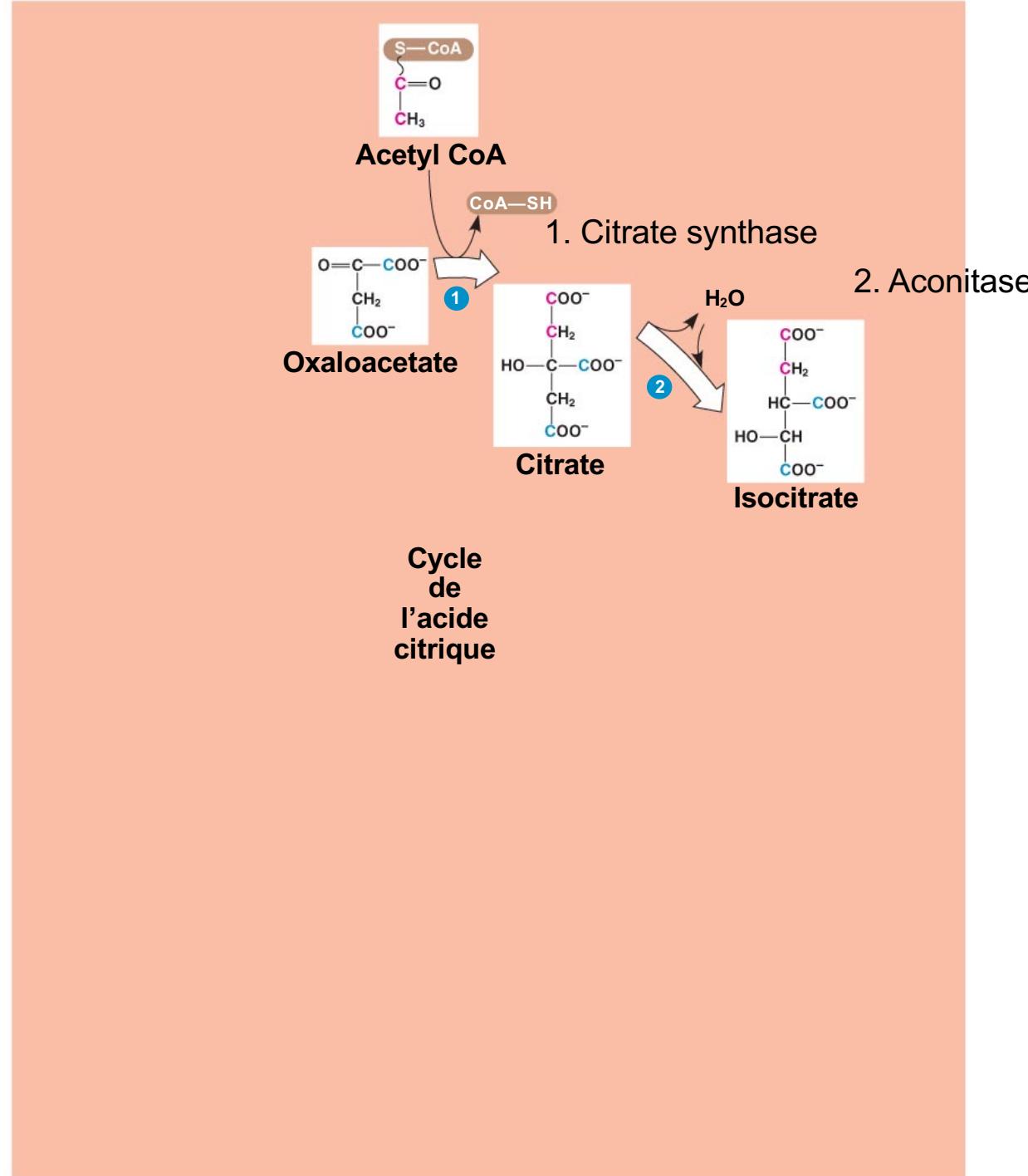


Fig. 9-12-3

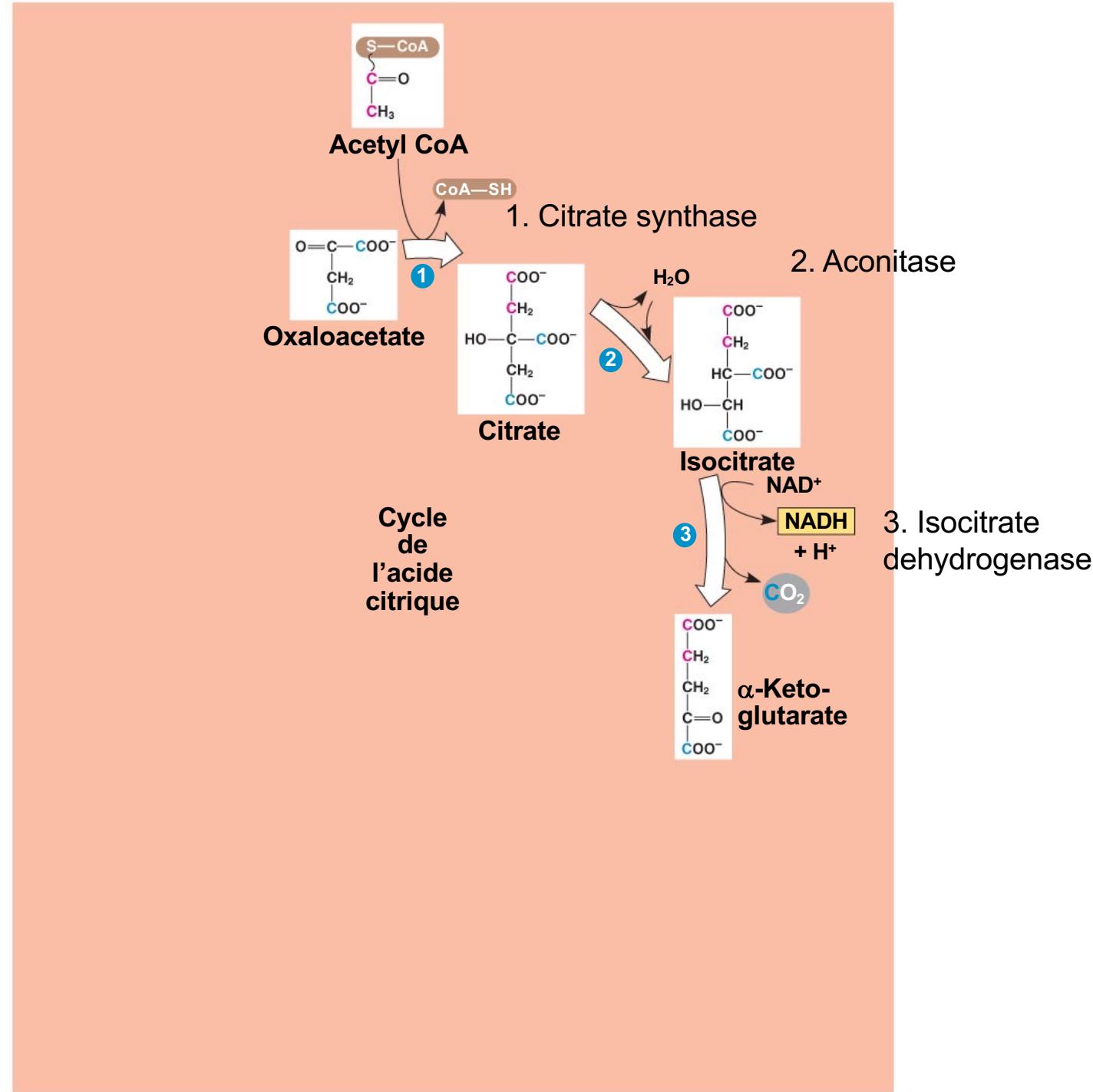


Fig. 9-12-4

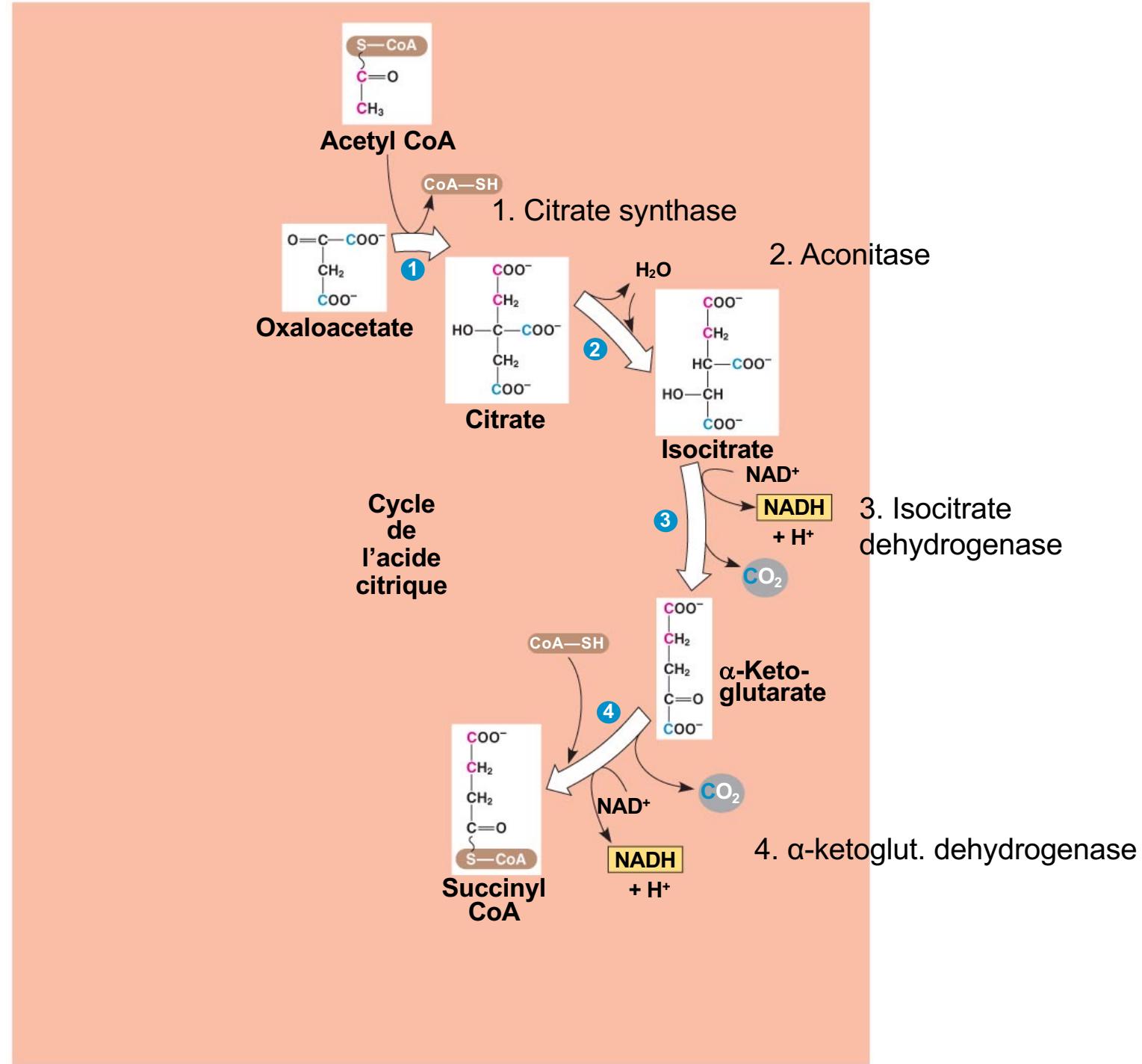


Fig. 9-12-5

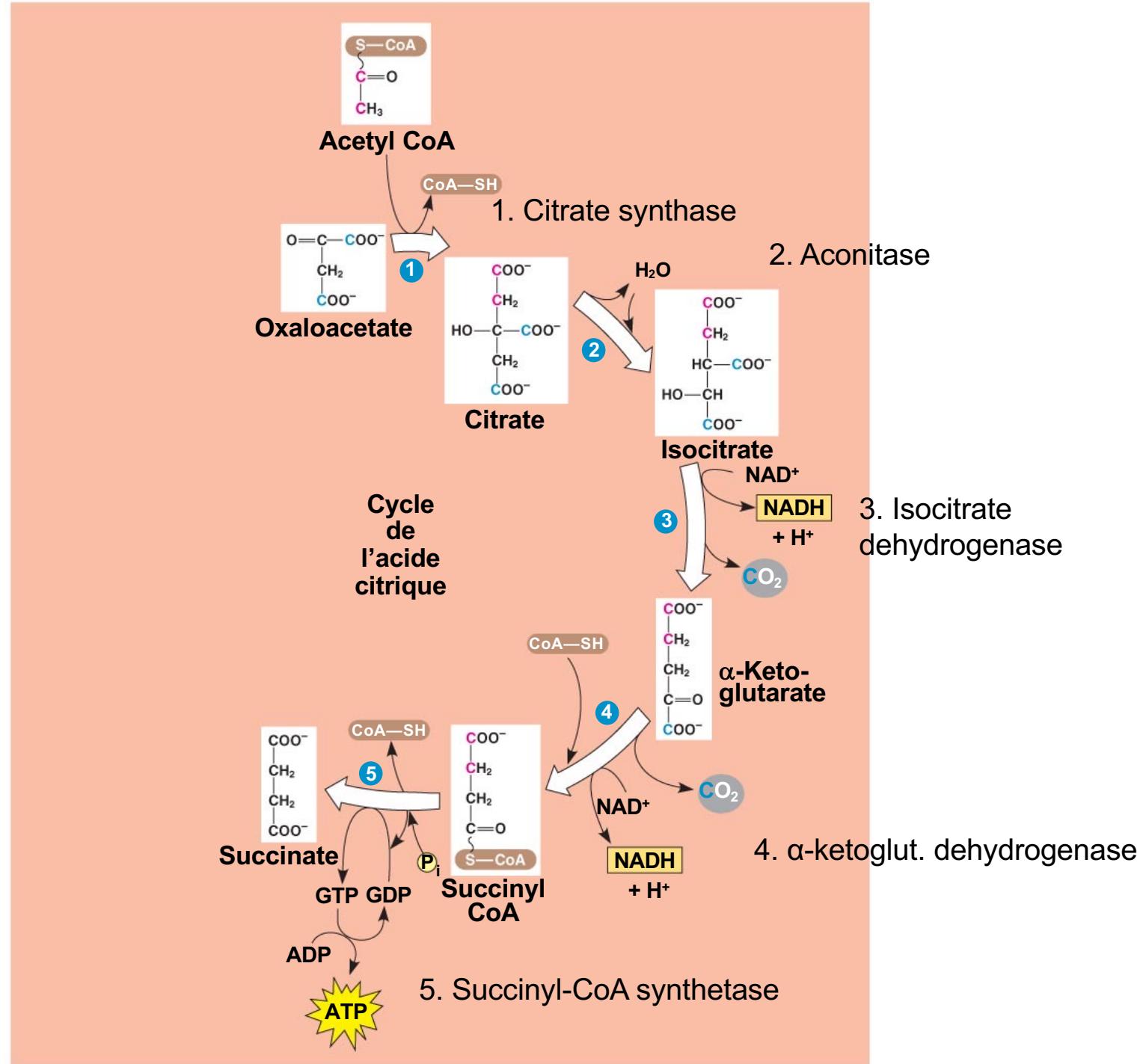


Fig. 9-12-6

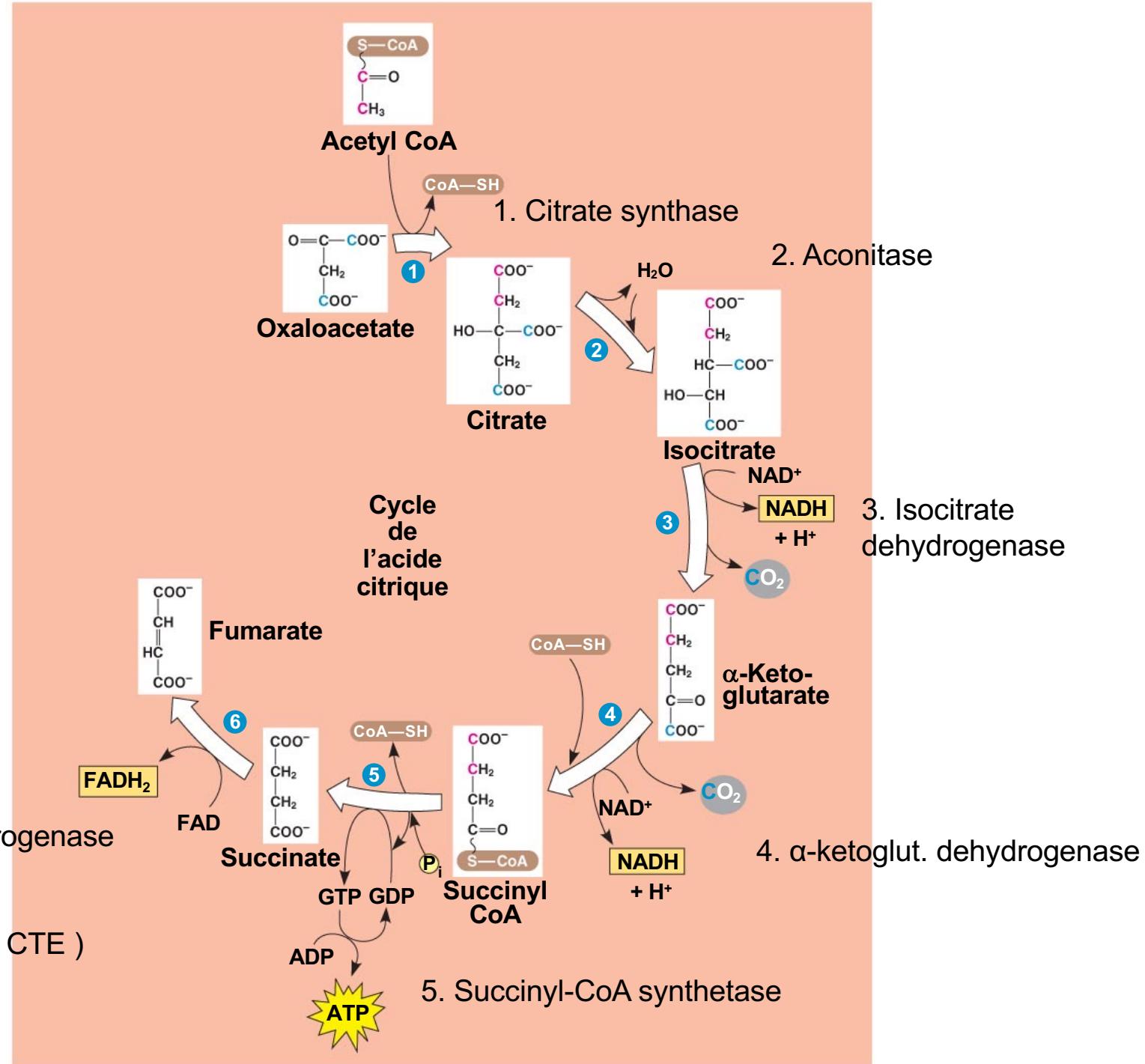


Fig. 9-12-7

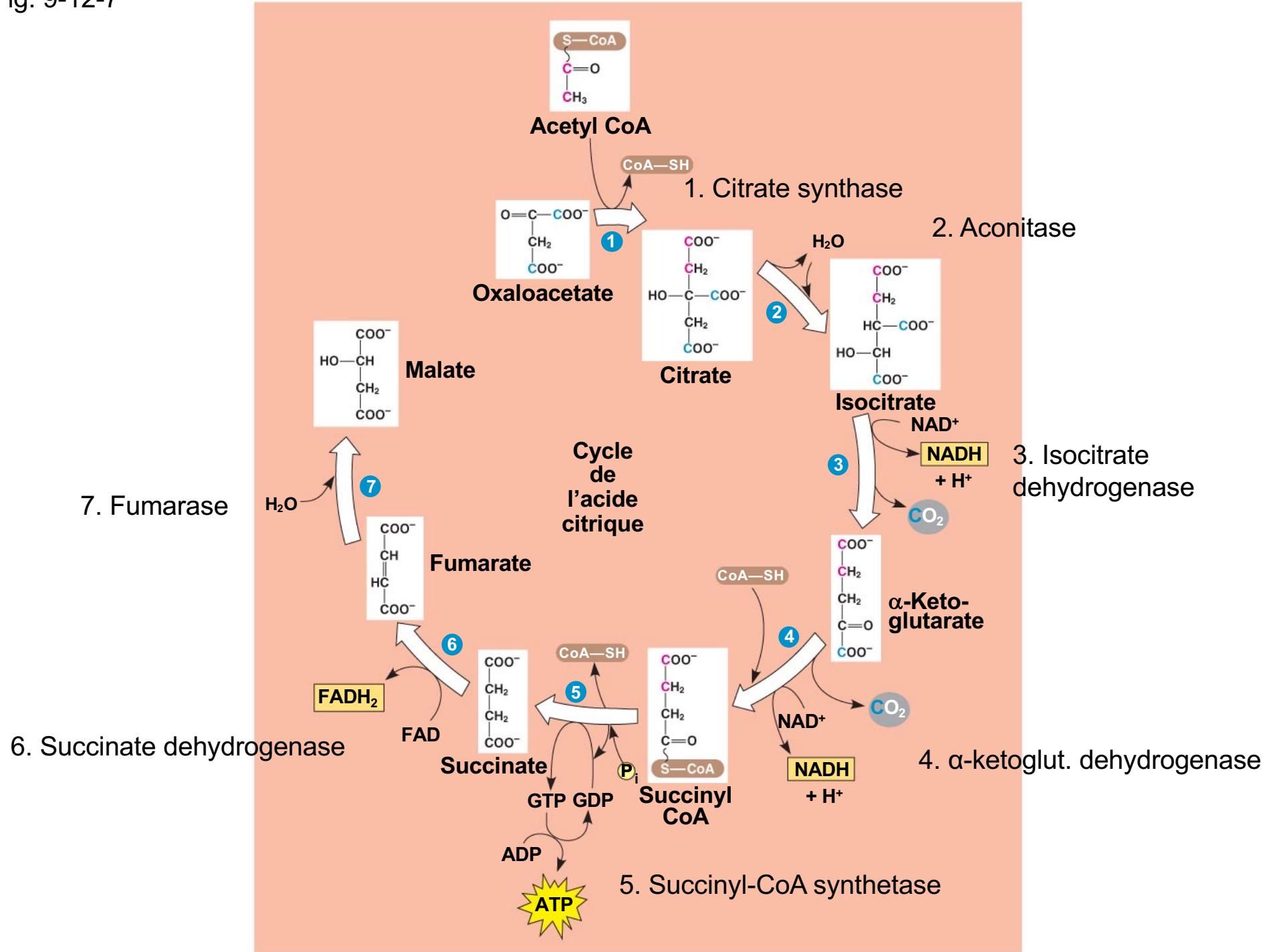
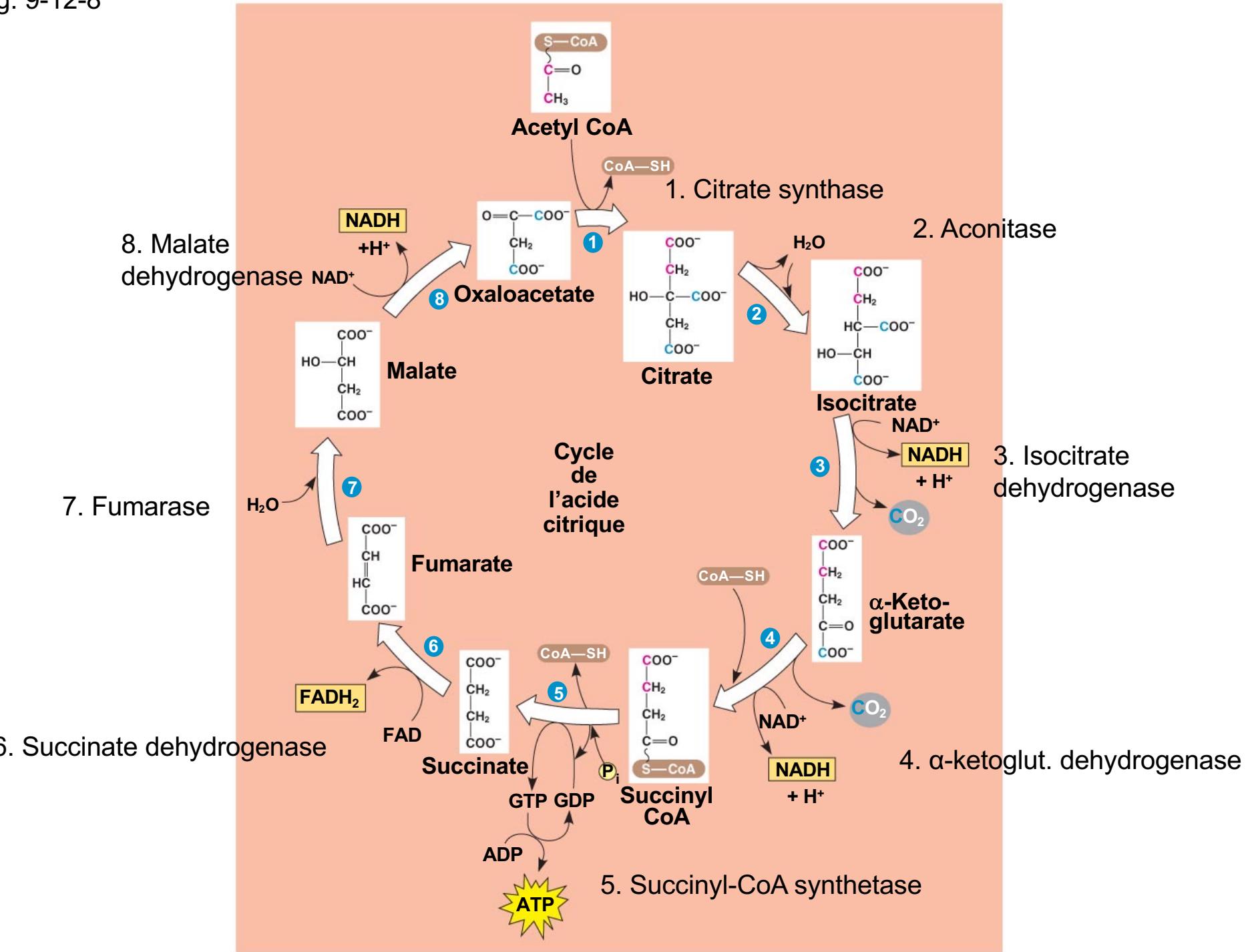
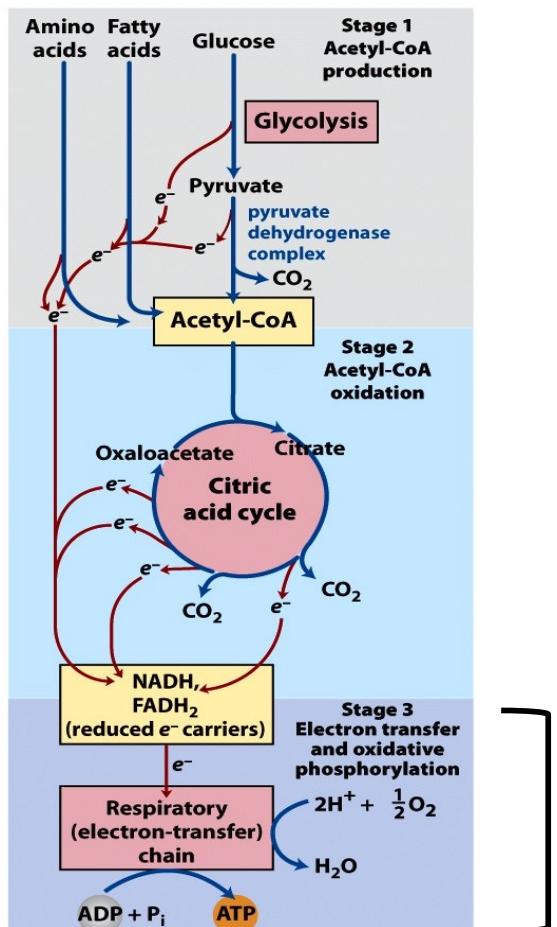


Fig. 9-12-8



Concept 9.4: la phosphorylation oxydative

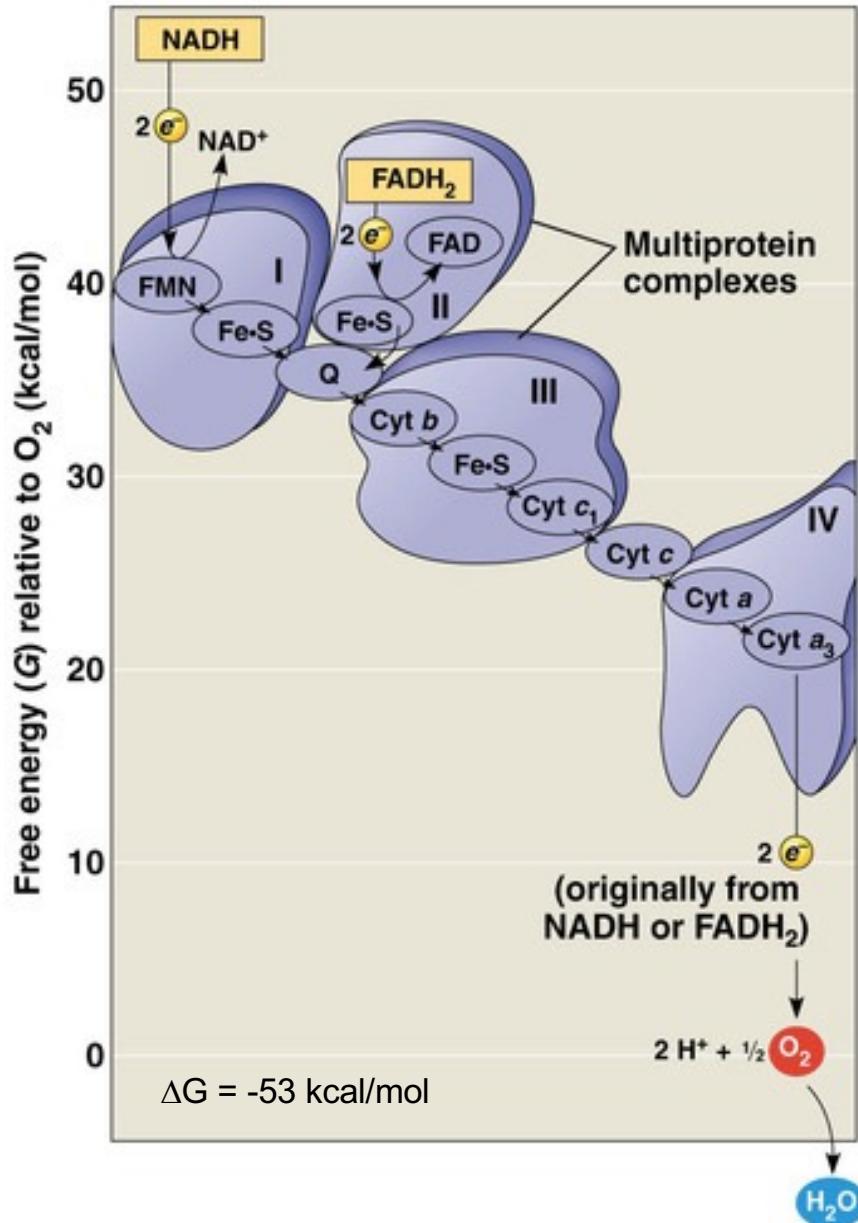
Durant la phosphorylation oxydative, la chimiosmose couple le transport d'électrons à la synthèse d'ATP



- Ce sont le NADH et la FADH_2 qui libèrent la plus grande partie de l'énergie extraite du glucose
- Ces **transmetteurs d'électrons** relient la glycolyse et le cycle de l'acide citrique au mécanisme de la phosphorylation oxydative

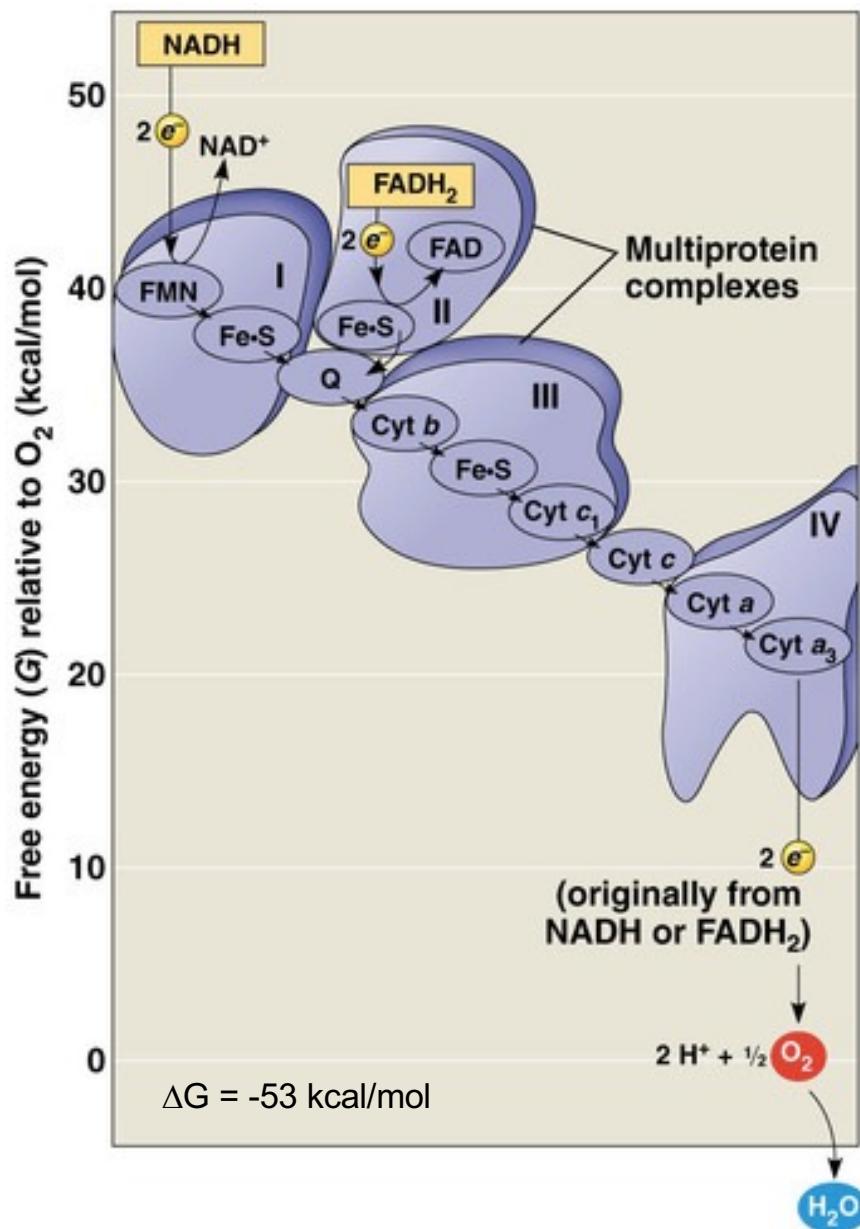
Figure 16-1
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

La chaîne de transport d'électrons (CTE ou ETC)



- La chaîne de transport d'électrons (CTE) est **un ensemble de molécules** **enchâssées dans la membrane interne de la mitochondrie**
- La chaîne de transport d'électrons comprend des protéines se trouvant dans des **complexes multi-protéiques** numérotés de I à IV. Ces protéines sont liées à des **groupements prosthétiques** (des composantes non protéiques) essentiels aux fonctions catalytiques de certaines enzymes

Fig. 9-8



C I. NADH Dehydrogenase (flavoprotéine)

- Flavine mononucleotide (FMN)
- Structure Fe-S

C II. Succinate Dehydrogenase (flavoprotéine)

- Flavine adenine dinucleotide (FAD)
- Structure Fe-S

Coenzyme Q or ubiquinone (CoQ) (lipide)

- C'est la seule molécule non-protéique de la chaîne de transport d'électrons, elle transfère les électrons du complexe I & II

C III. Cytochrome bc1 complex (ubiquinone:cyt c oxidoreductase)

- Les protéines Cytochrome ont un hème comme groupement prosthétique
- Structure Fe-S

Cytochrome c (protéine)

- Dans l'espace intermembranaire

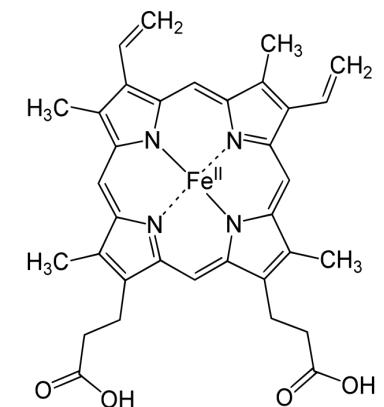
C IV. Cytochrome Oxidase

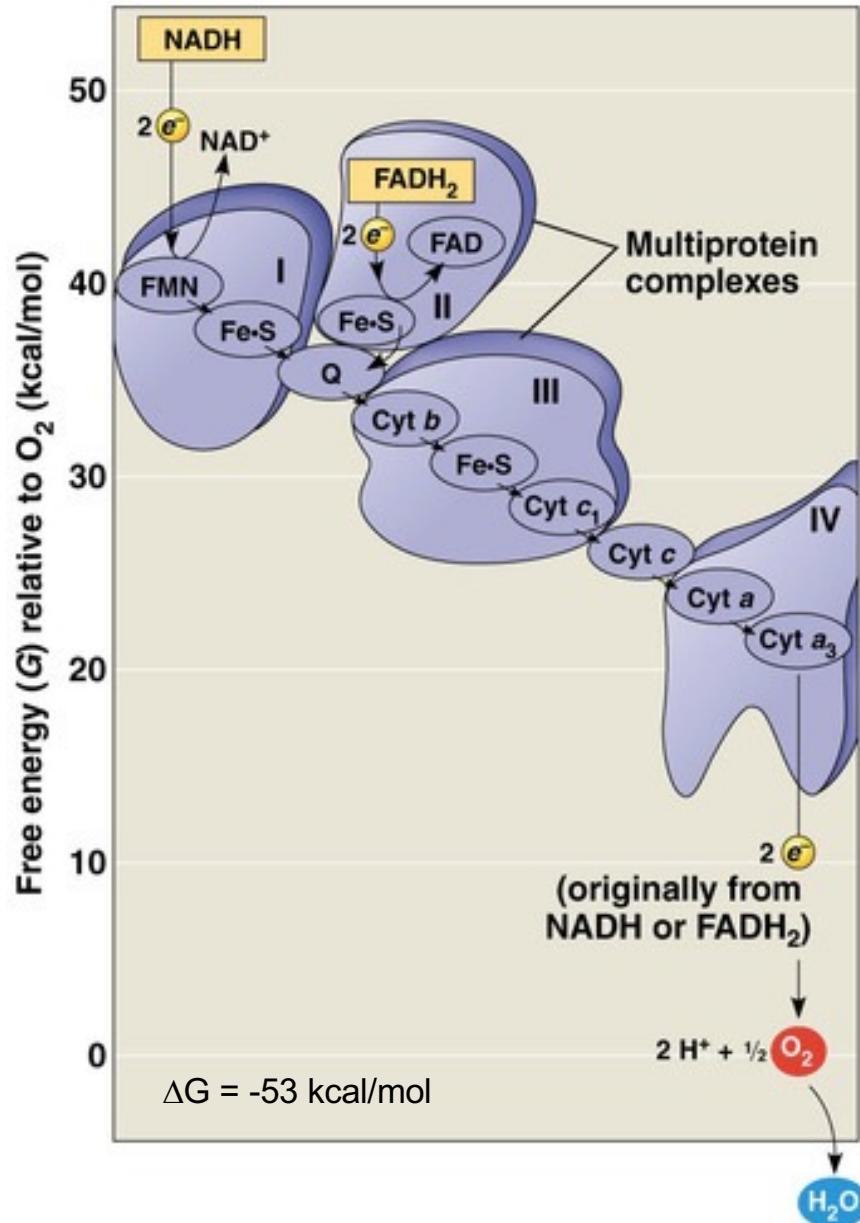
- Cyt a₃ donne ses électrons à l' O_2

Fig. 9-8

- Le NADH et la FADH₂ fournissent des électrons à la chaîne de transport des électrons
- La chaîne de transport d'électrons comprend divers **cytochromes** portant tous un groupement hème (transporteur d'électrons)
- La chaîne de transport d'électrons ne produit **pas** d'ATP
- Le **rôle** de la chaîne de transport d'électrons est de **faire passer les électrons des nutriments au dioxygène** en une série d'étapes qui **libèrent l'énergie** de manière régulée

Heme b





- Les transporteurs d'électrons oscillent entre état réduit et état oxydé au fur et à mesure qu'ils acceptent et cèdent les électrons
- Les électrons perdent de l'énergie libre à mesure qu'ils descendent le long de la chaîne pour finalement arriver sur l' O_2 et former de l' H_2O

La direction dans laquelle les électrons sont transportés est déterminée par le potentiel d'oxydo-réduction, ou potentiel redox, (E_0) du couple redox

E_0 peut être déterminé expérimentalement

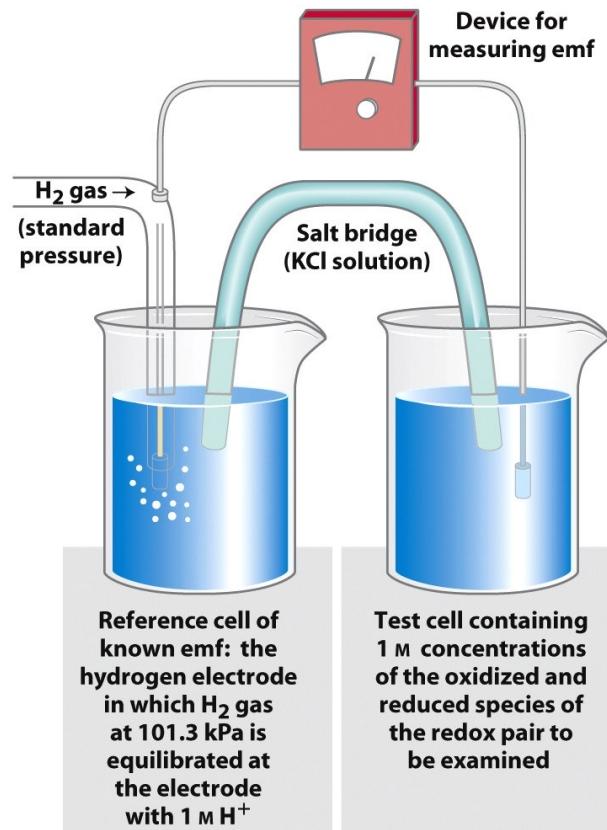
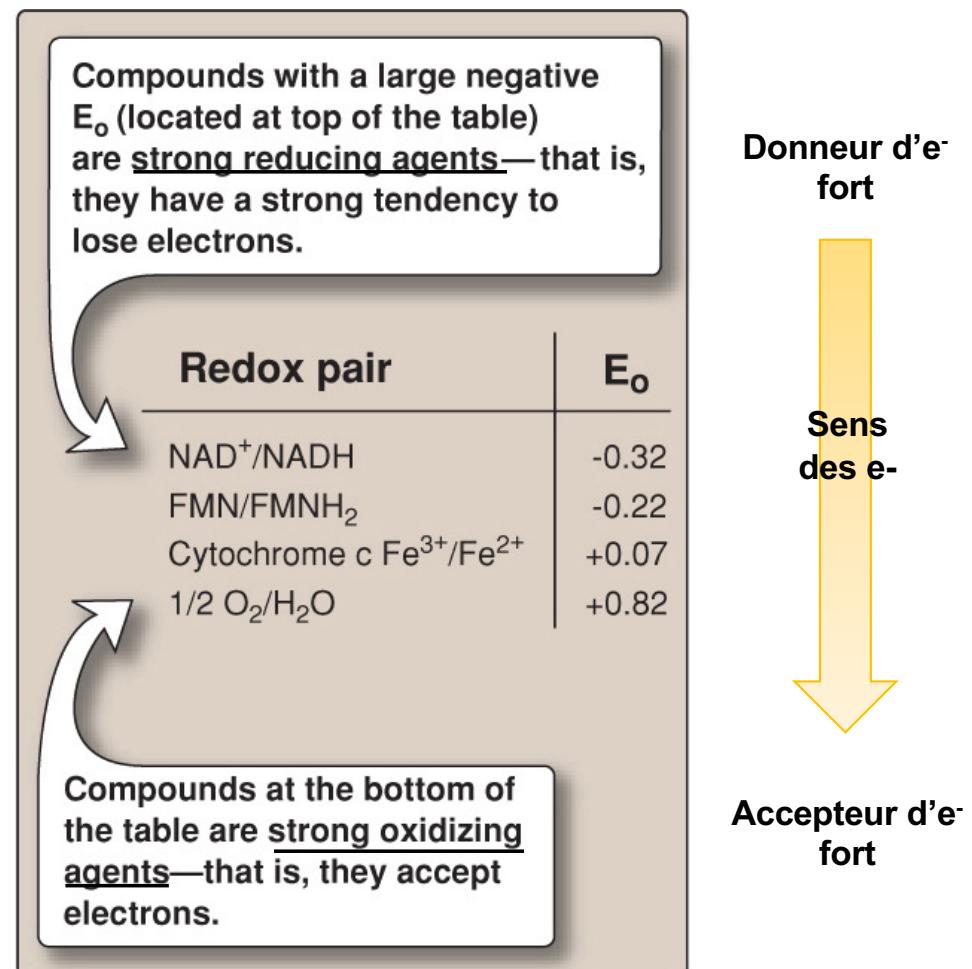
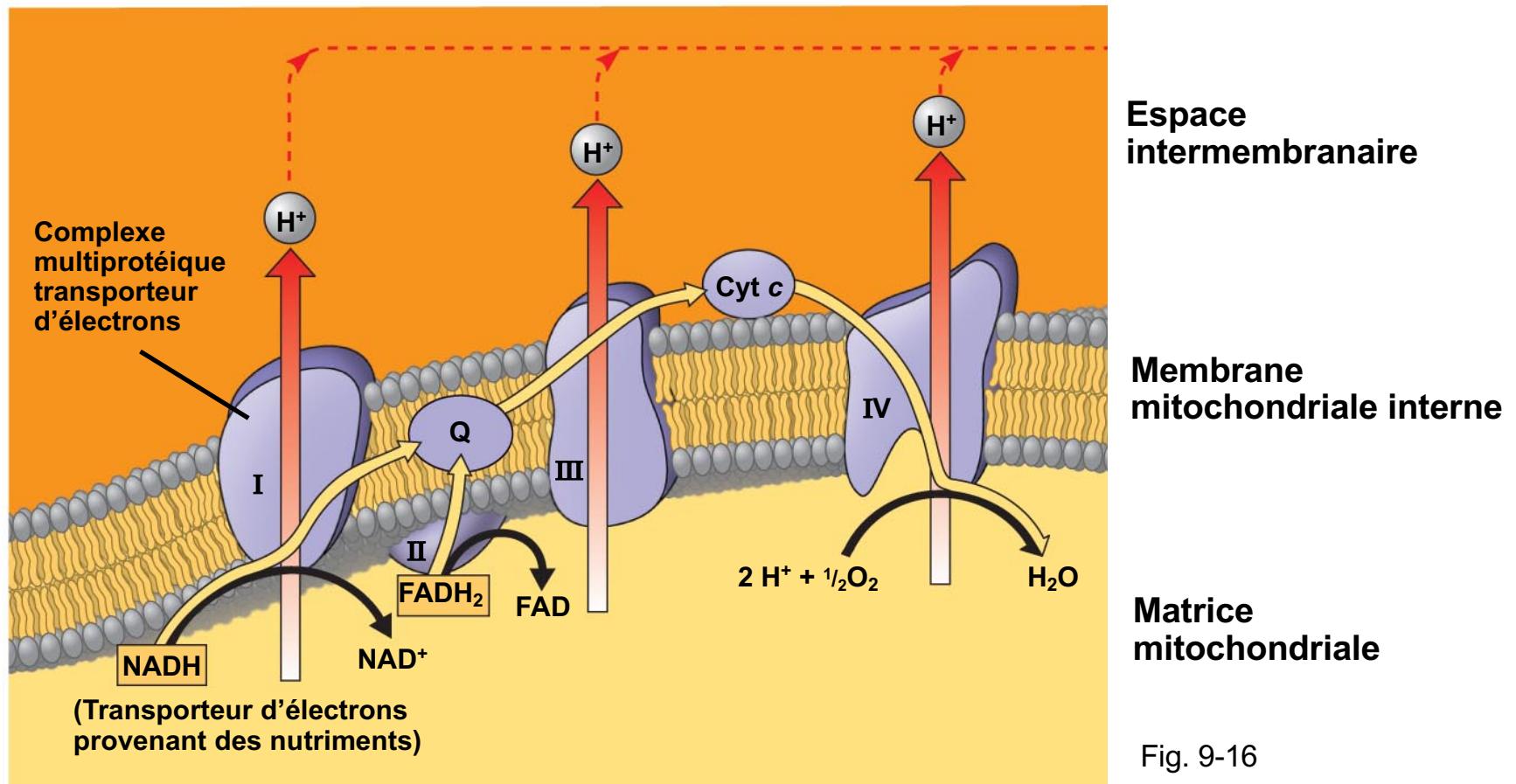


Figure 13-23
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

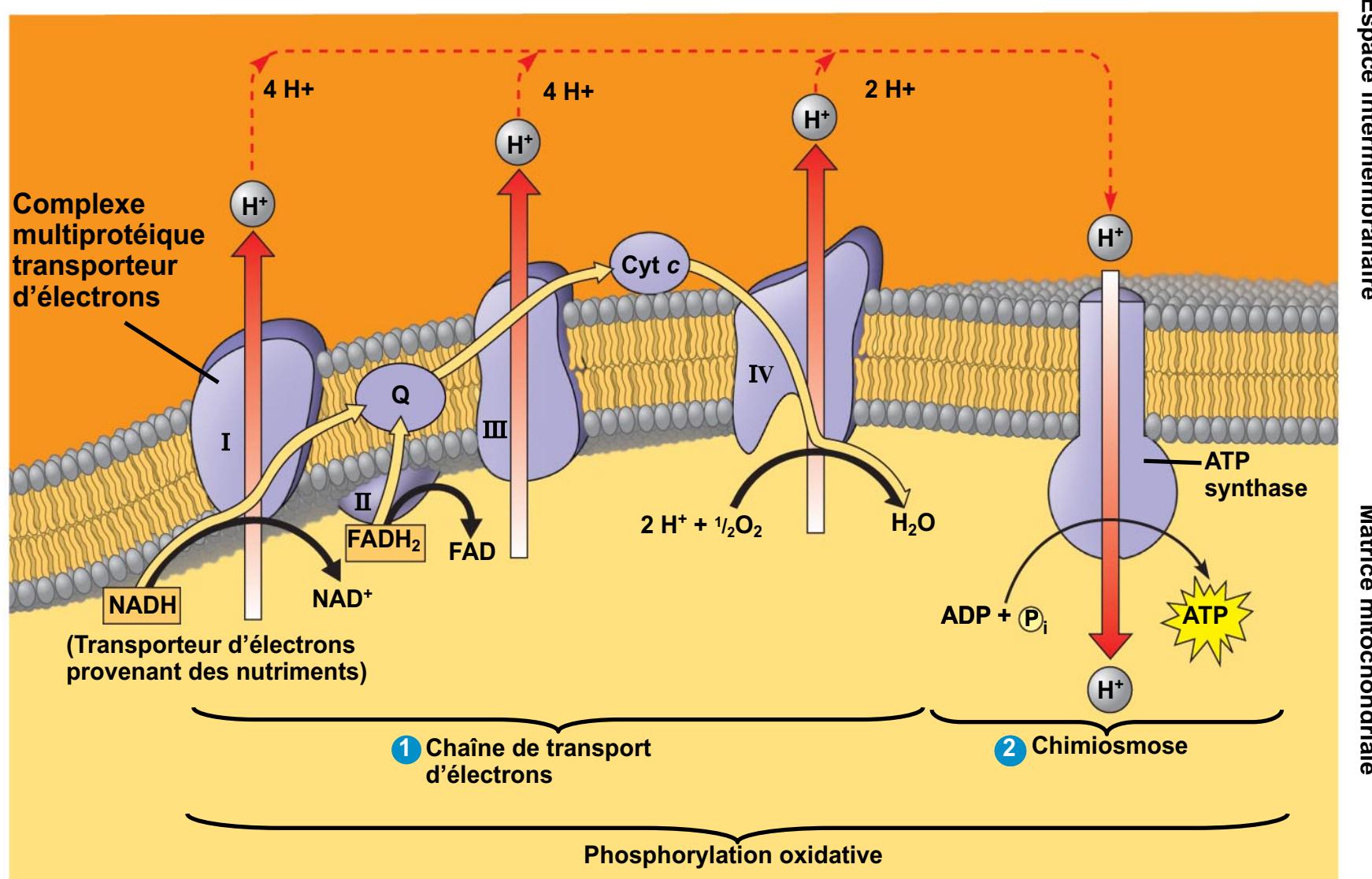


L'énergie libérée par la chaîne respiratoire permet le transport de protons pour générer un gradient de protons

- La chaîne est un **convertisseur d'énergie** qui utilise le flux exergonique d'électrons du NADH et de la FADH₂ pour déplacer des protons H⁺ à travers la membrane mitochondriale, de la matrice vers l'espace intermembranaire

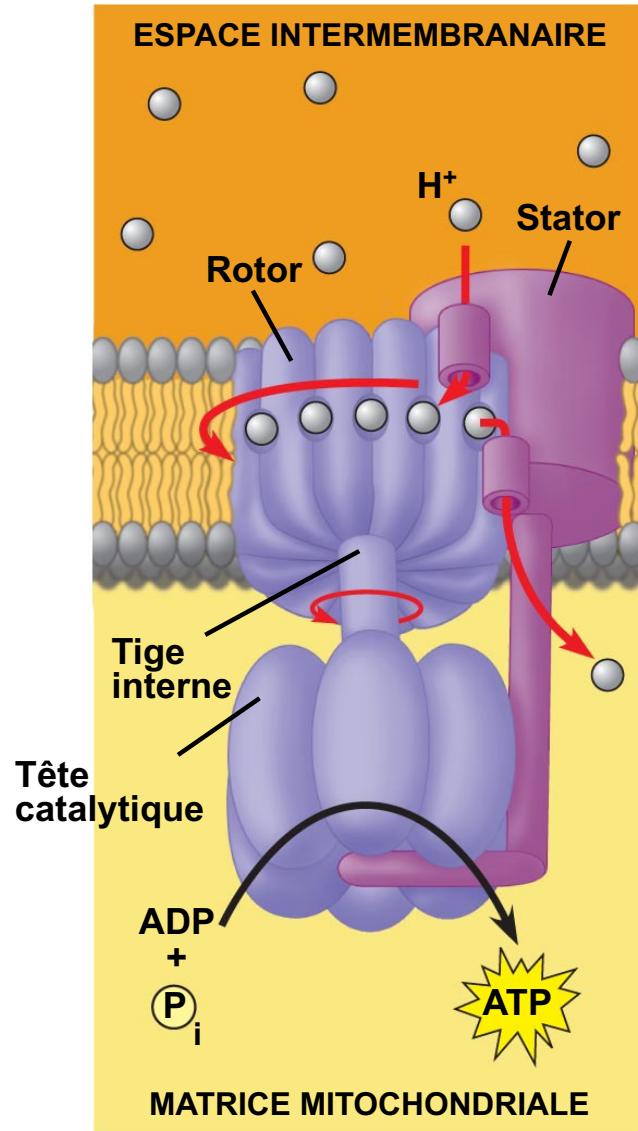


La chimiosmose: un mécanisme de couplage de l'énergie



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Fig. 9-16



- Les H^+ retournent dans la matrice en passant à travers l'**ATP synthase**.
- Le passage des H^+ dans l'ATP synthase utilise le flux exergonique des H^+ pour phosphoryler l'ADP
- Le terme « **chimiosmose** » désigne donc le **déplacement des H^+ à travers une membrane**
- La chimiosmose est le processus au cours duquel l'énergie emmagasinée dans **un gradient électrochimique de H^+** permet la synthèse de l'**ATP**

Fig. 9-14

-
- L'énergie emmagasinée dans un gradient électrochimique de H^+ couple les réactions d'oxydoréduction de la chaîne de transport d'électrons à la synthèse de l'ATP
 - Le gradient de H^+ est qualifié de **force protonmotrice**, une expression qui souligne la capacité du gradient électrochimique à produire du travail.
-

La chimiosmose n'est possible que grâce aux membranes mitochondriales spécialisées

Les membranes mitochondriales resserrées permettent la création et le maintien du gradient électrochimique.

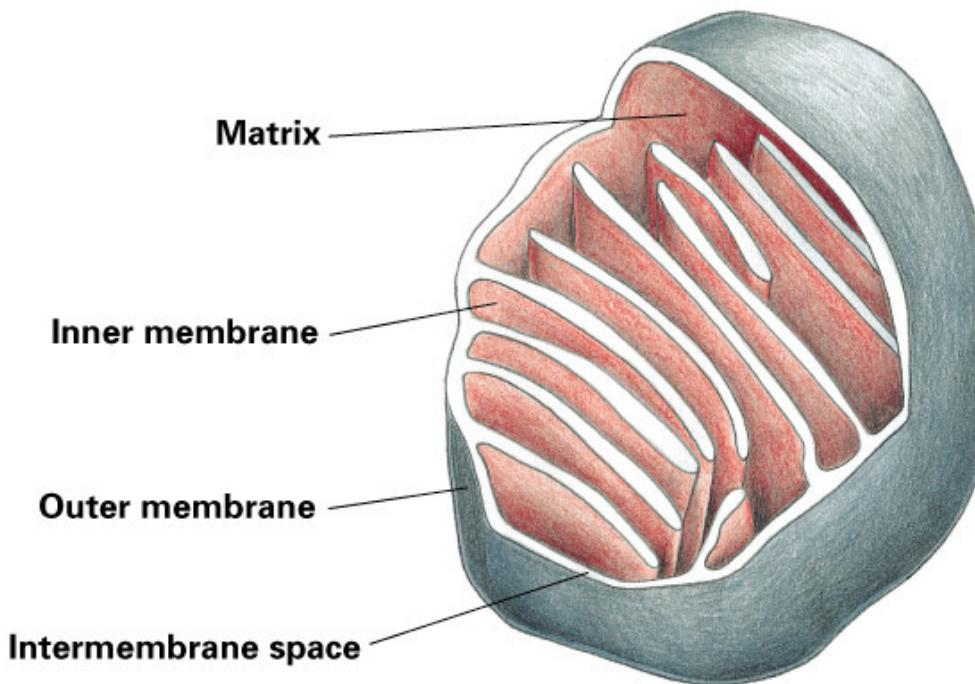


Figure 14-8 part 2 of 3. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Membrane mitochondriale externe

- Perméable

Membrane mitochondriale interne

- Les cristae augmentent la surface de la membrane
- Imperméable
- Riche en transporteurs protéiques

→ Control renforcé du transport des intermédiaires

Les membranes mitochondrielles forment une plateforme de génération d'ATP particulièrement efficace

TABLE 19–5	ATP Yield from Complete Oxidation of Glucose	
Process	Direct product	Final ATP
Glycolysis	2 NADH (cytosolic) 2 ATP	3 or 5* 2
Pyruvate oxidation (two per glucose)	2 NADH (mitochondrial matrix)	5
Acetyl-CoA oxidation in citric acid cycle (two per glucose)	6 NADH (mitochondrial matrix) 2 FADH ₂ 2 ATP or 2 GTP	15 3 2
Total yield per glucose		30 or 32

*The number depends on which shuttle system transfers reducing equivalents into the mitochondrion.

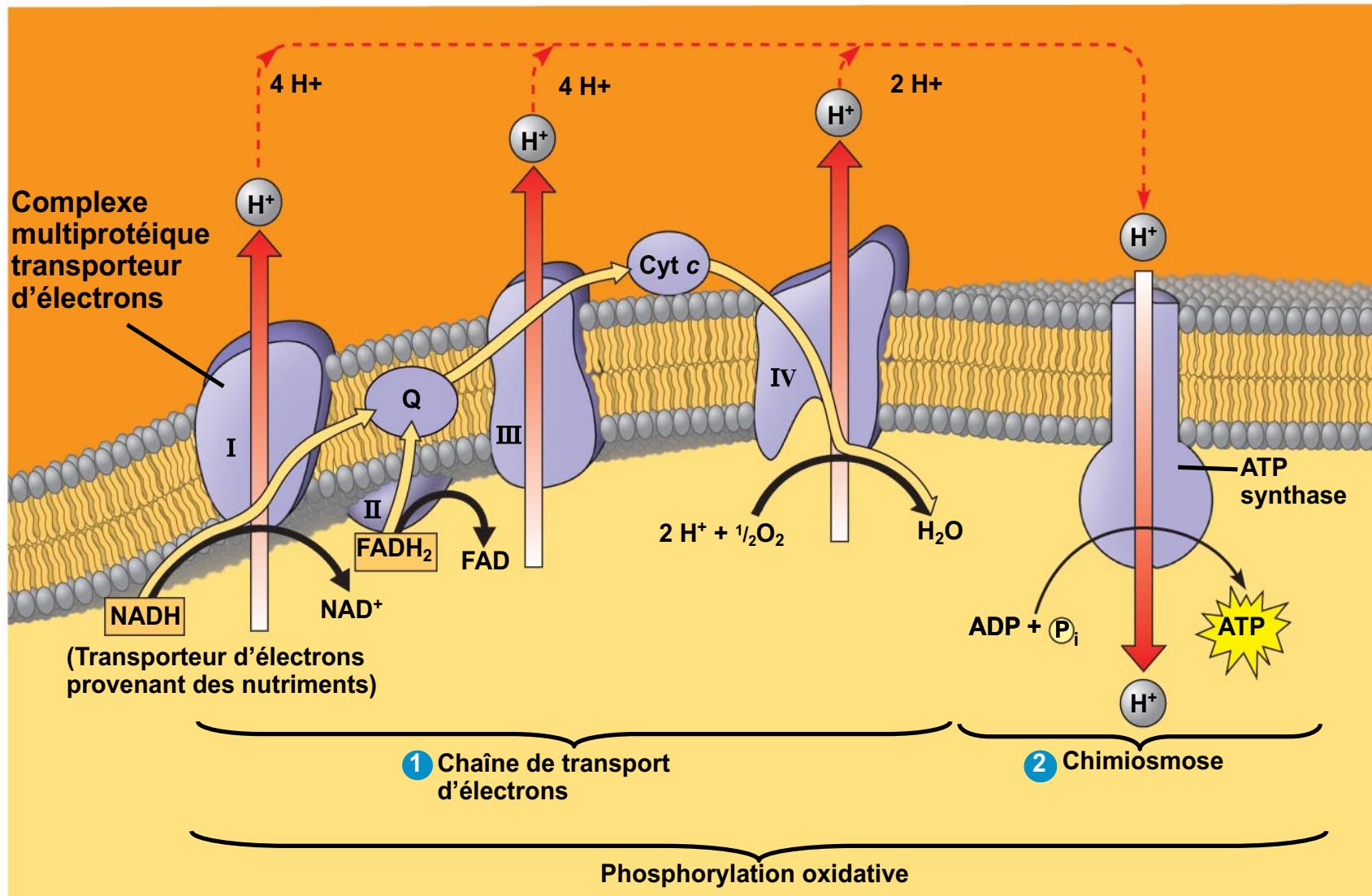
Table 19-5
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

Les sources d'ATP pour 1 molécule de glucose:

- Contribution cytosolique (via la glycolyse) = 2 ATPs
 - Contribution mitochondrial : près de 30 ATPs
-

Espace intermembranaire

Matrice mitochondriale



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

1 NADH → 2.5 ATP générés
1 FADH₂ → 1.5 ATP générés

→ 2 e- from NADH: 10 H⁺ (PMF) / 3+1 H⁺ (ATP) = 2.5
→ 2 e- from FADH₂: 6 H⁺ (PMF) / 3+1 H⁺ (ATP) = 1.5

Membrane transport systems

ATP-ADP transport

- Proton-motive force is responsible for transporting substrates (ADP and P_i) into and product (ATP) out of the mitochondrial matrix.

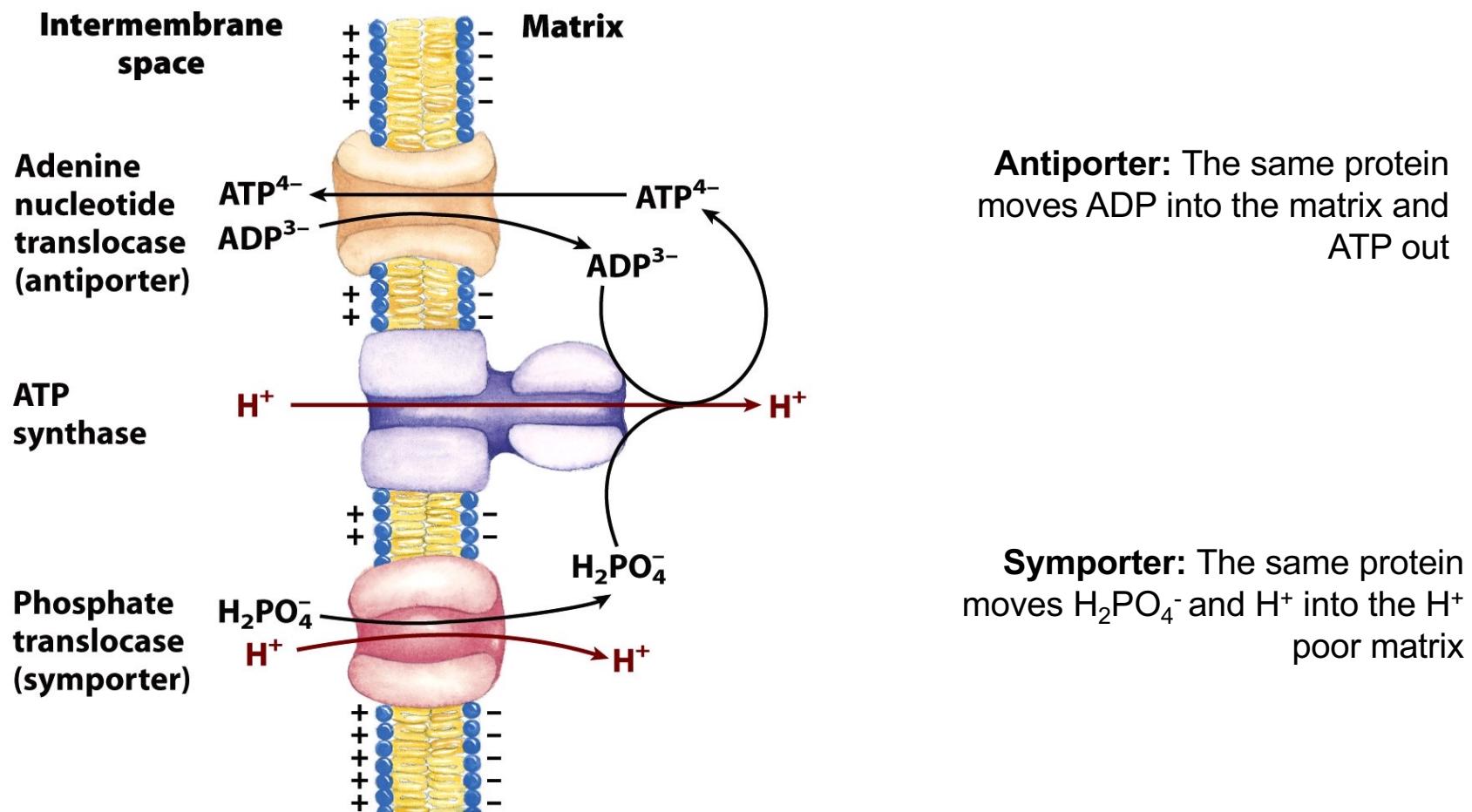


Figure 19-28
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

Les mitochondries du tissu adipeux brun contiennent des agents découplants (UCPs: uncoupling protein)

UCPs permettent aux H^+ de redescendre le long de leur gradient de concentration dans la matrice sans générer d'ATP

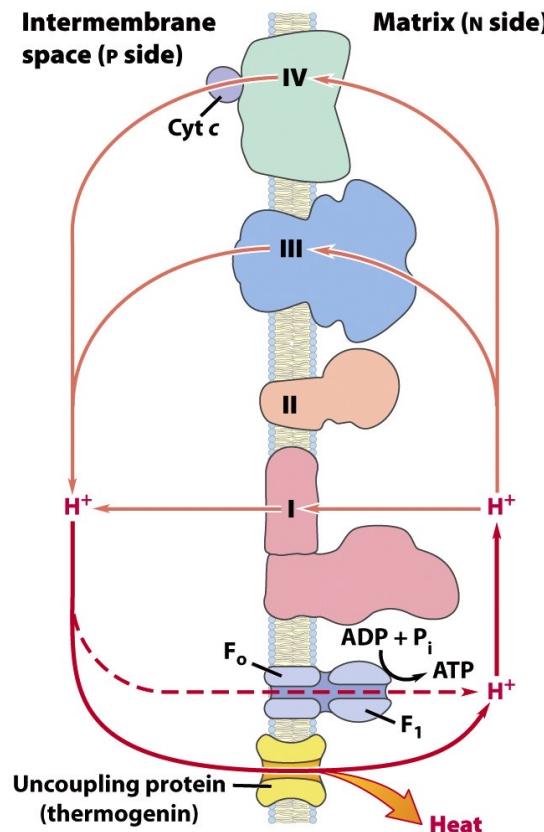
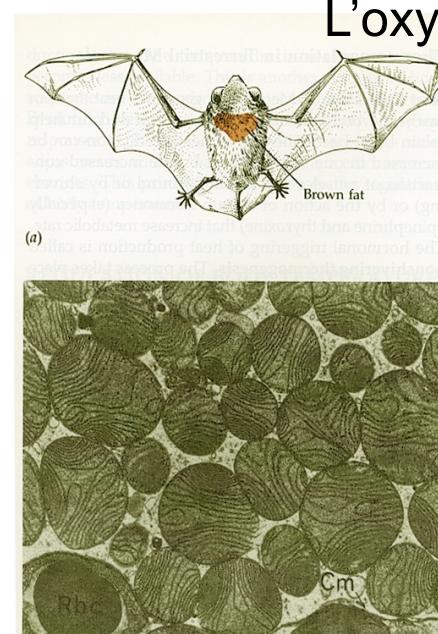
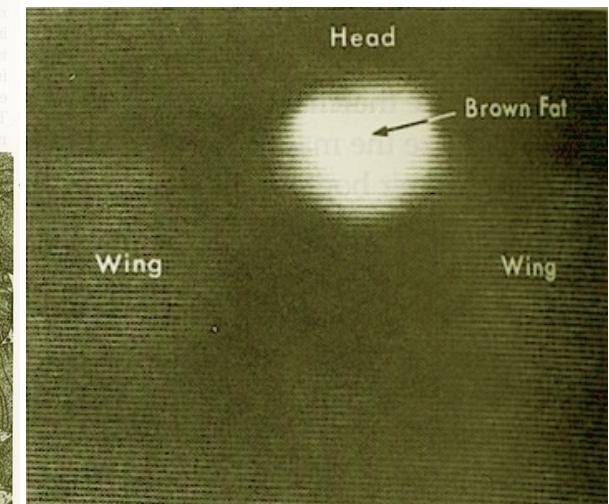


Figure 19-34
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company



L'oxydation génère de la chaleur (thermographie)



- Heat generation in mitochondria of brown fat

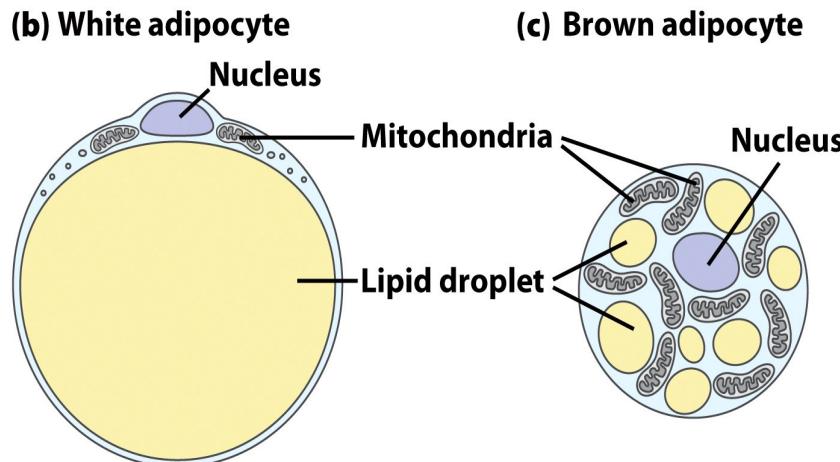


Figure 23-16bc
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

Brown fat: $\approx 90\%$ of its respiratory energy is used for thermogenesis:

- in response to cold
- at birth
- in hibernating animals

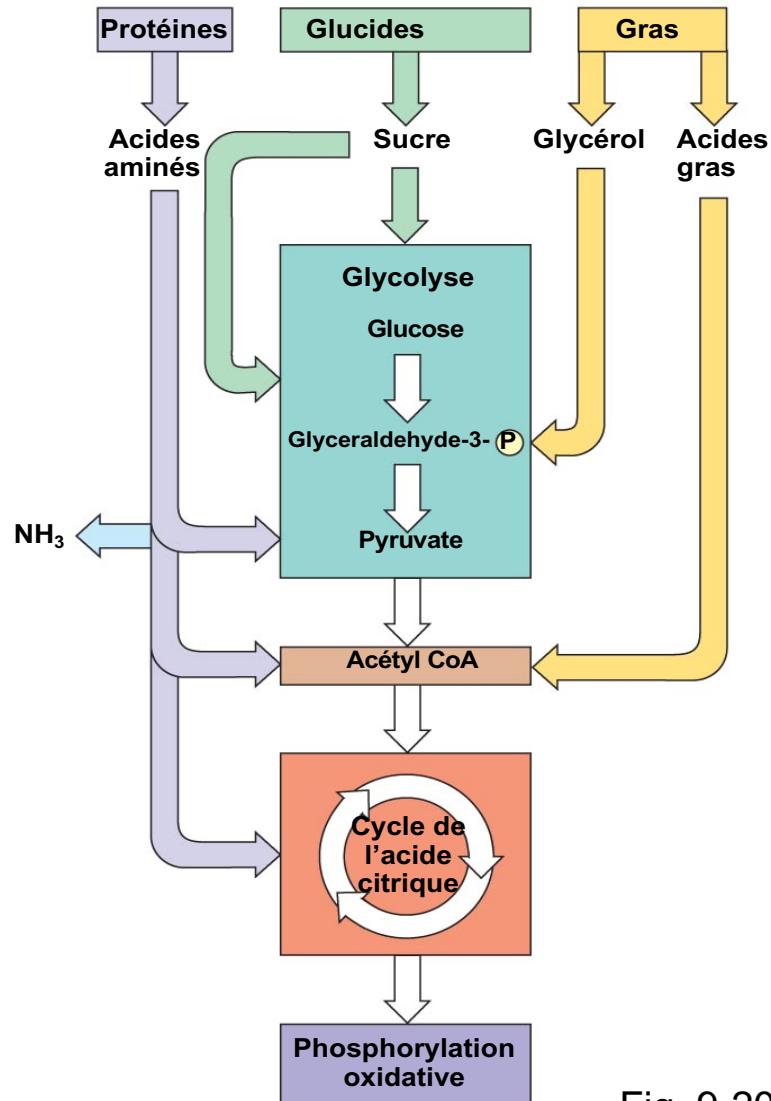
Small animals in cold environments



Hibernating animals



Concept 9.6: La glycolyse et le cycle de l'acide citrique sont liés à de nombreuses autres voies métaboliques

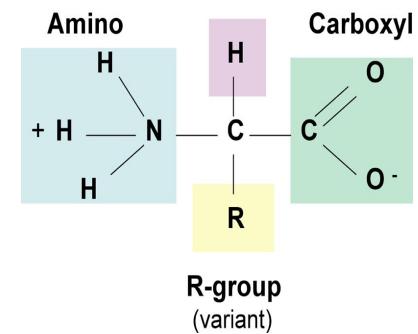


- La glycolyse et le cycle de l'acide citrique sont au carrefour de plusieurs voies **cataboliques et anaboliques** (de biosynthèse)
- Les voies cataboliques au départ desquelles se trouvent différents nutriments, transmettent des électrons jusqu'à la chaîne de transport d'électrons

Fig. 9-20

La versatilité du catabolisme

- La glycolyse s'effectue à partir d'une grande variété de **glucides**
- Les **protéines** peuvent également être source d'énergie:
 - Elles doivent être dégradées en acides aminés qui doivent ensuite être désaminés
 - Les acides aminés désaminés peuvent ensuite entrer dans la glycolyse ou le cycle de l'acide citrique
 - Les résidus azotes doivent être excrétés sous forme d'ammoniaque (NH₃), d'urée, etc..



Structure acide aminé

• Feeder pathways for glycolysis

pour info:

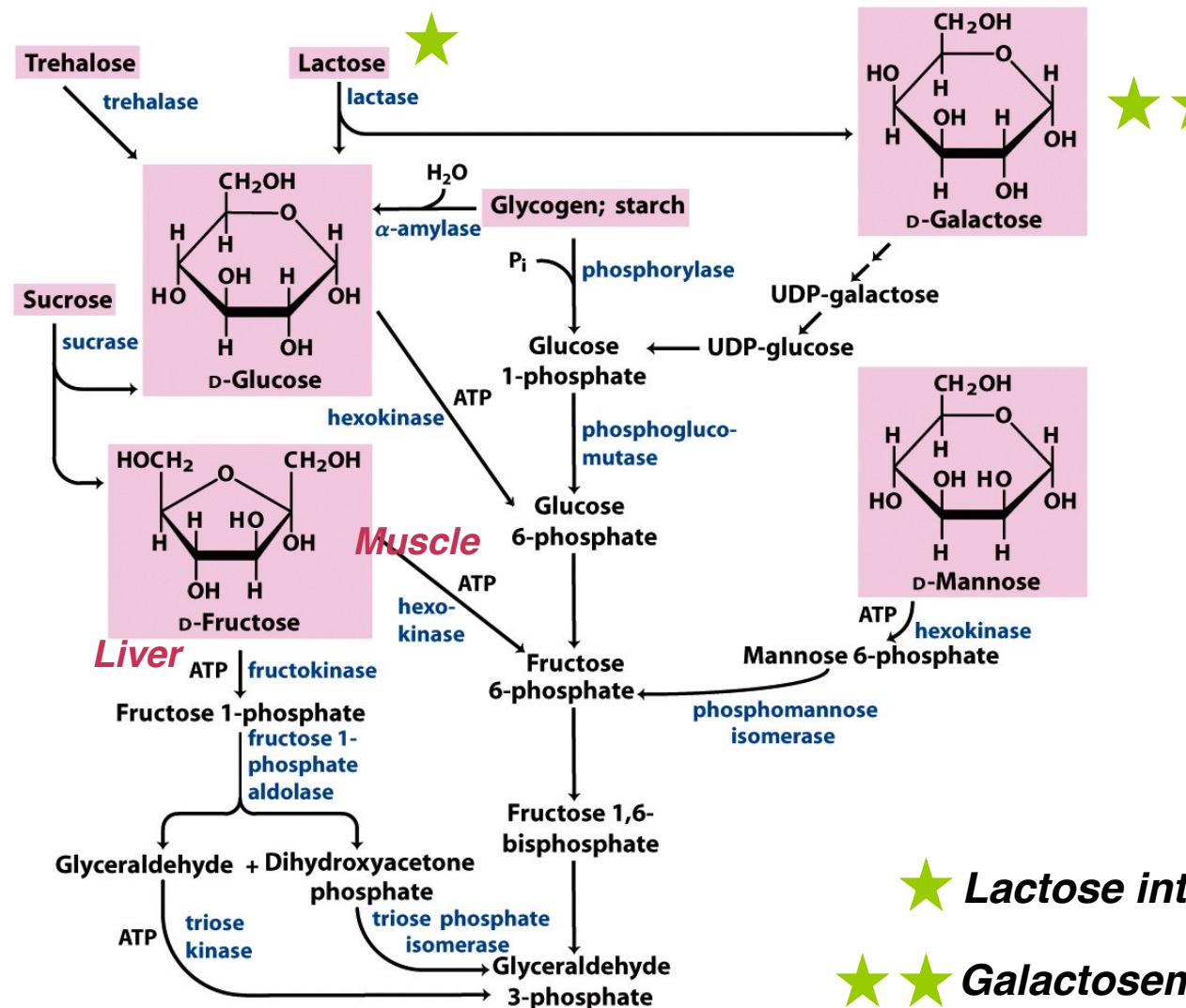
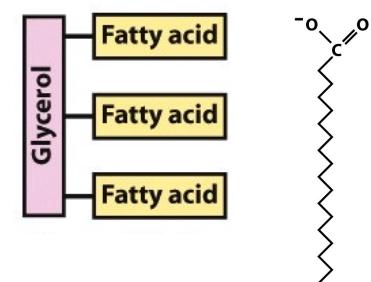


Figure 14-10
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
 © 2008 W.H. Freeman and Company

- **Les lipides** (triacylglycérides) sont digérés pour former du 3-phosphoglycérol (un produit intermédiaire de la glycolyse) et en acides gras (utilisés pour générer de l'acétyl CoA)

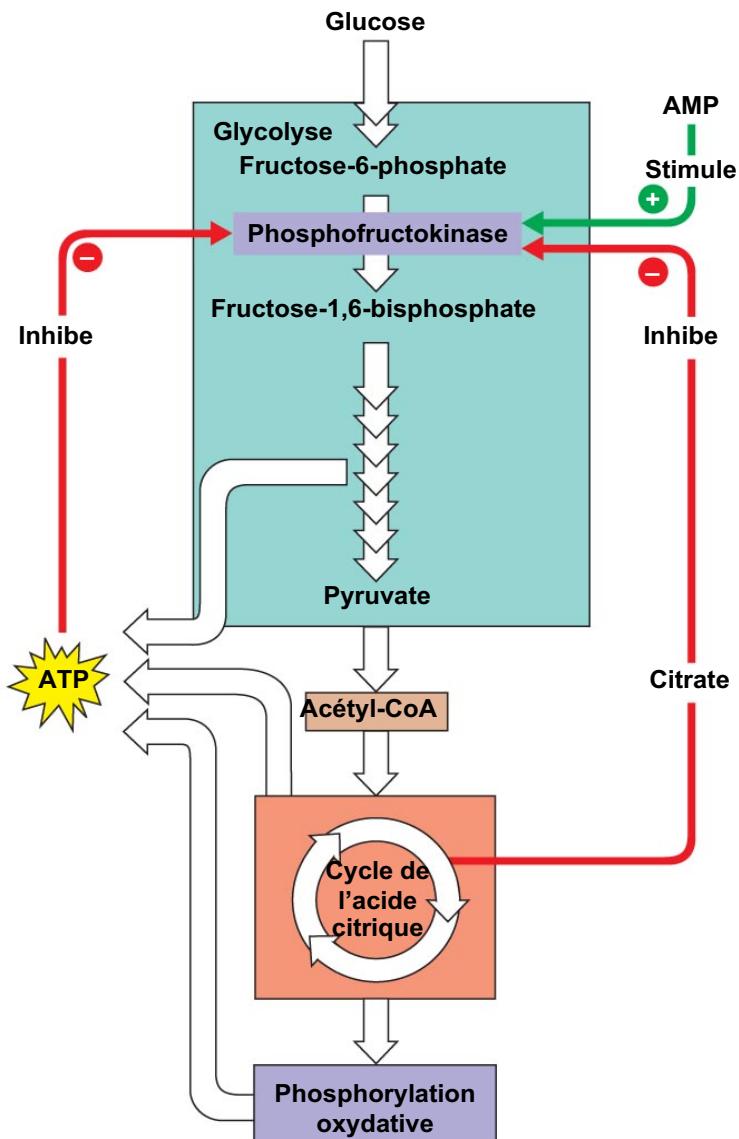
- Les acides gras sont dégradés par la **bêta-oxydation** pour former de l'acétyl CoA
 - Un gramme de lipides oxydés par la respiration cellulaire produit **deux fois plus** d'ATP qu'un gramme de glucide



Structure d'un triglycéride

La régulation de la respiration cellulaire par des mécanismes de rétro-inhibition

- La retro-inhibition est la forme la plus répandue de contrôle du catabolisme
- Si la concentration en ATP de la cellule commence à diminuer, la respiration cellulaire s'accélère. Si l'ATP commence à s'accumuler, la respiration cellulaire ralentit
- La régulation se concentre sur l'activité d'enzymes intervenant au points stratégiques des voies cataboliques.

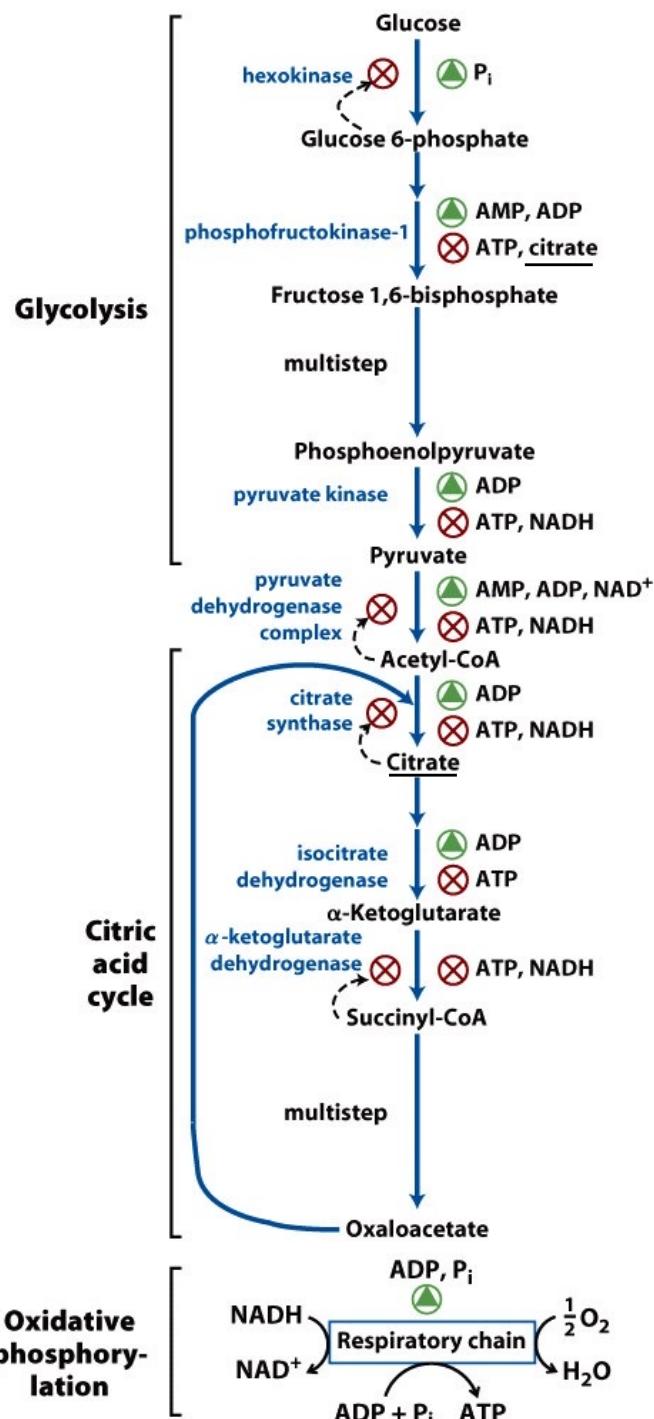


Phosphofructokinase

Une enzyme allostérique

- Inhibée par l'ATP et le citrate
- Stimulée par l'AMP

Ce rétrocontrôle permet de coordonner les différentes voies métaboliques pour maintenir l'homéostasie énergétique de la cellule



Régulation des voies de production d'ATP

Une régulation allostérique complexe par:

1. La famille des adénines nucléotide: ATP, ADP, et AMP
2. Les produits NADH et acetyl-CoA
3. La communication entre glycolyse et cycle de l'acide citrique par le citrate

Figure 19-33

Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition

© 2008 W.H. Freeman and Company

Comment les organismes produisent-ils de l'ATP en l'absence de l'accepteur d'électrons final, le dioxygène?

La respiration anaérobie

- fait appel à une chaîne de transport d'électrons, mais avec un accepteur d'électron final autre que l' O_2 , par exemple le sulfate (SO_4^{2-}). Cette respiration produit du H_2S au lieu d' H_2O comme produit final réduit.
- Utilisés seulement par certains Procaryotes.

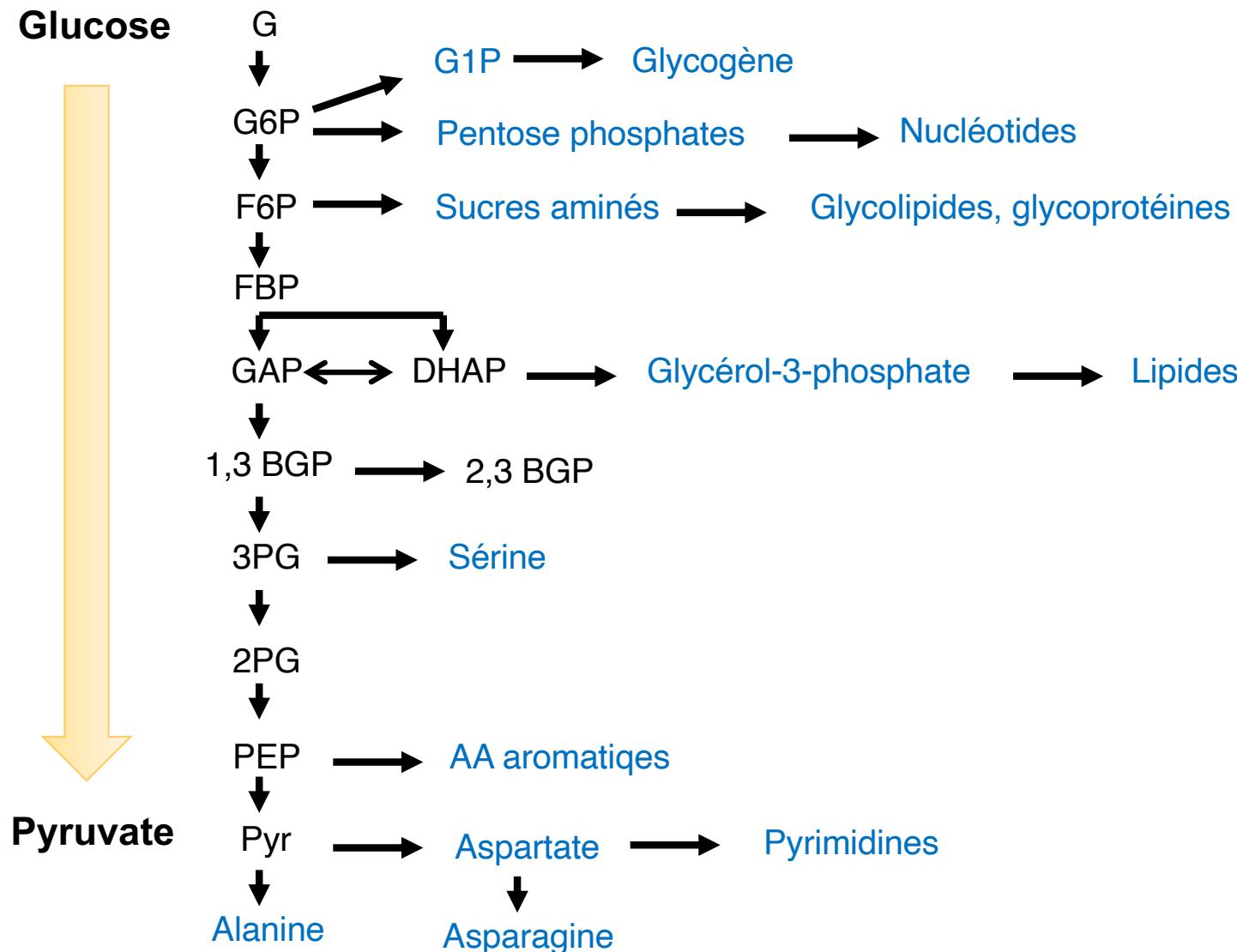
La fermentation (*voir cours Métabolisme du glucose*)

- est utilisée en l'absence d' O_2 et de chaîne de transport d'électrons
 - utilise les phosphorylations au niveau du substrat pour produire de l'ATP.
 - Mécanisme universel, présent chez les Procaryotes et Eucaryotes.
-

La biosynthèse (voies anaboliques)

- Les cellules ont besoin d'énergie mais aussi de matière
- Cette matière peut provenir directement des nutriments, de la glycolyse, ou du cycle de l'acide citrique
- Notre organisme ne peut synthétiser que la moitié des 20 acides aminés. L'autre moitié, les acides aminés essentiels, proviennent de l'alimentation

La glycolyse produit de l'ATP, mais aussi des précurseurs de biomolécules



Rôle du cycle de l'acide citrique dans l'anabolisme : l'anaplérose

- Les intermédiaires sont utilisés comme précurseurs pour la formation :
 - du glucose
 - de certains acides aminés
 - de l'hème

Réactions anaplérotiques:

Réactions qui rétablissent la concentration d'intermédiaires épuisés

Ex.: La pyruvate carboxylase

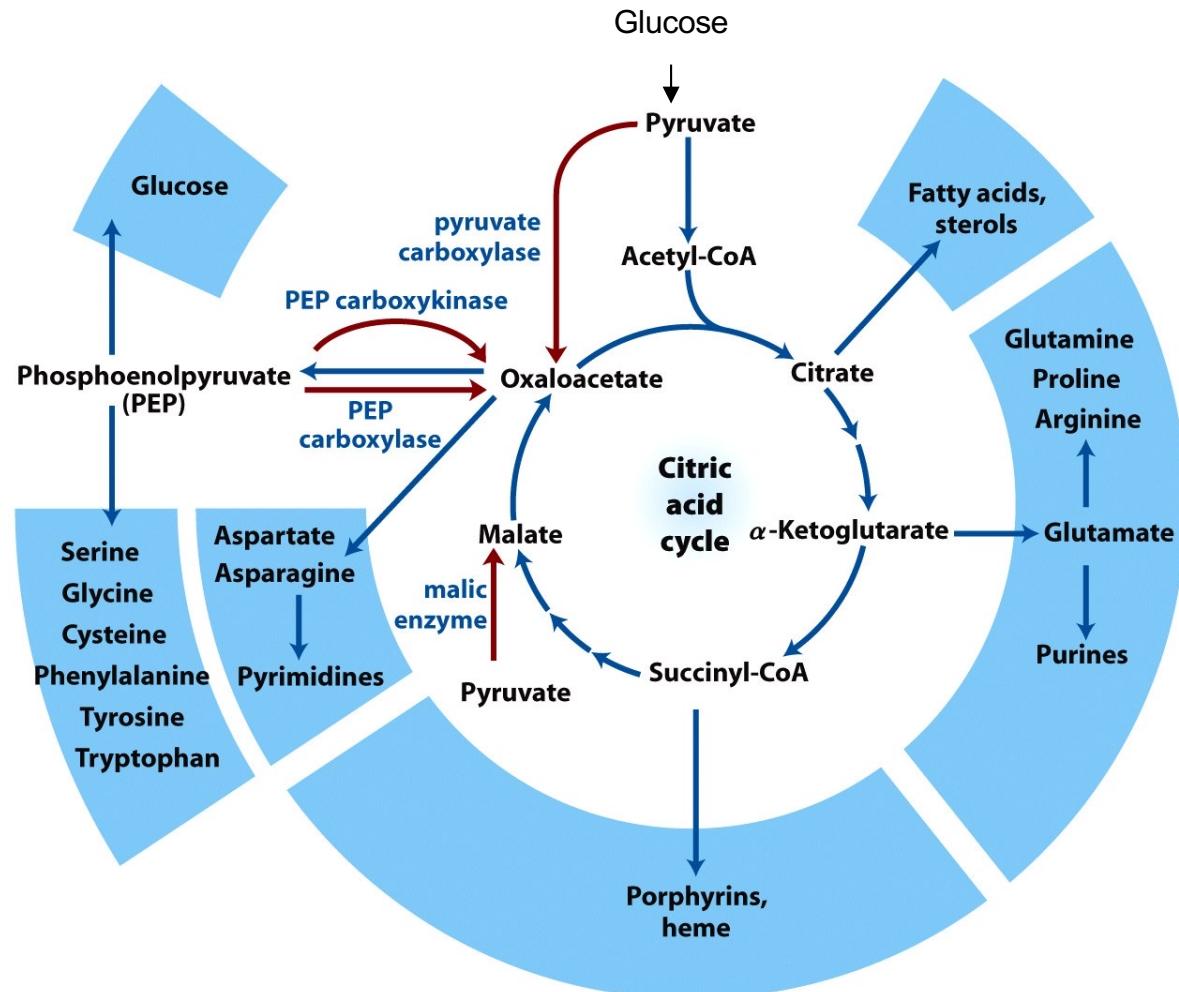
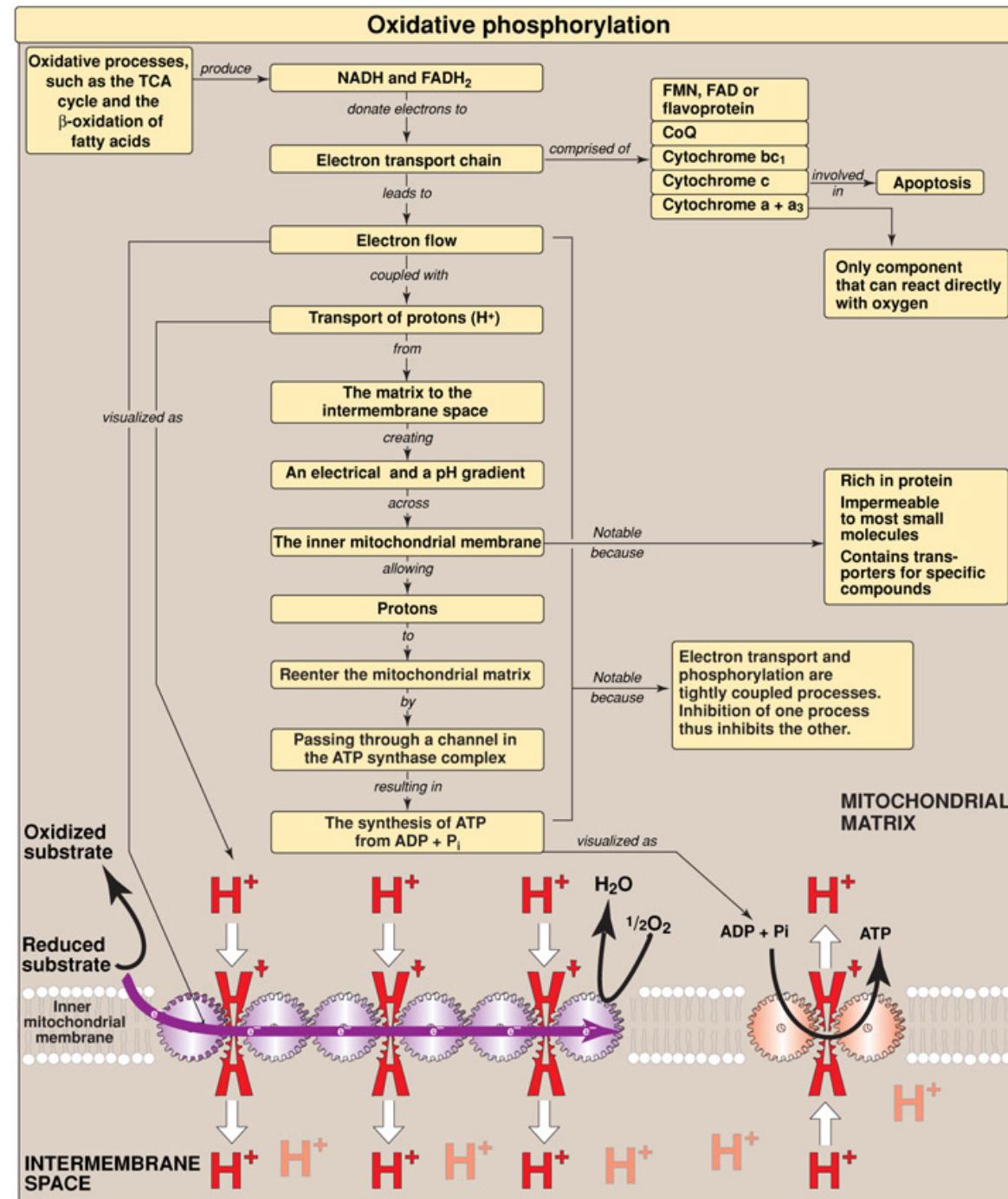
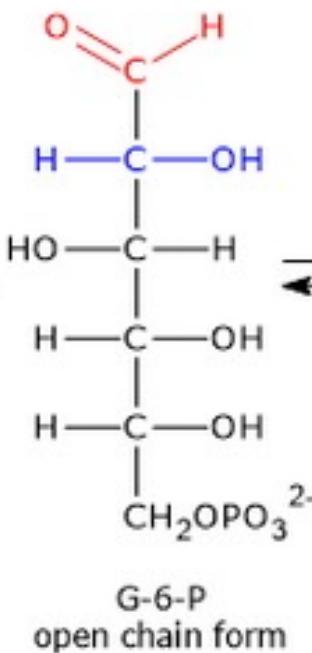
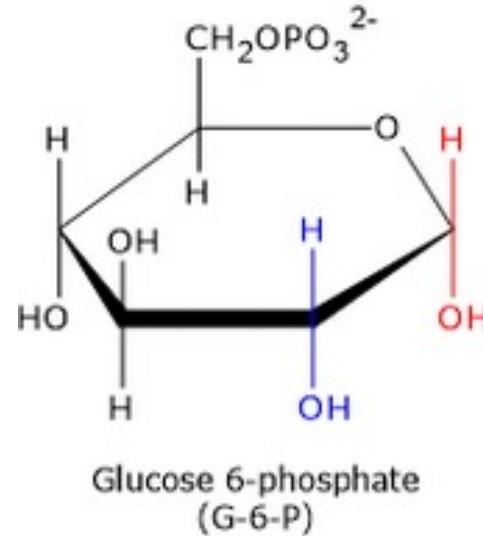


Figure 16-15
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company



Aldose

Ketose



F-6-P
open chain form

