

# T.D DE BIOCHIMIE ET PHYSIOLOGIE

## Etude des grandes voies

Le **métabolisme cellulaire** est constitué par l'ensemble des voies métaboliques d'une cellule.

L'ensemble des voies conduisant à la dégradation de substrats et à la production d'ATP est appelé le **catabolisme**.

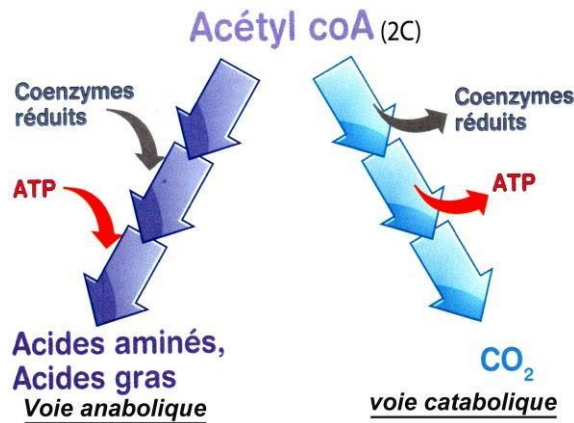
L'ensemble des voies conduisant à la synthèse de molécules constitutives de l'organisme est appelé **anabolisme**.

Exploiter des ressources documentaires pour :

- localiser au sein de la cellule quelques voies cataboliques : glycolyse, cycle de Krebs, chaîne respiratoire ;
- repérer et annoter les étapes d'oxydoréduction et de synthèse d'ATP des voies cataboliques : la glycolyse, le cycle de Krebs, la chaîne respiratoire aérobie, la fermentation lactique ou alcoolique ;
- établir les bilans d'énergie et de matière de l'utilisation du glucose par respiration et par fermentation ;
- calculer un rendement énergétique en ATP ;
- identifier une voie anabolique par la consommation d'ATP associée à l'utilisation de coenzymes réduits.

### Rappels : Catabolisme et anabolisme

#### Utilisation et synthèse de l'acétylcoenzyme A



1. Classer les molécules présentes sur le document par nombre croissant de liaisons C-C présentes dans chaque molécule.

.....

.....

2. Compléter les définitions d'une voie catabolique et d'une voie anabolique.

➤ **Voie catabolique** : ensemble des voies conduisant à la .....de molécules.

Une voie catabolique aboutit à une ..... du nombre de carbone des molécules et ..... de l'ATP et des .....

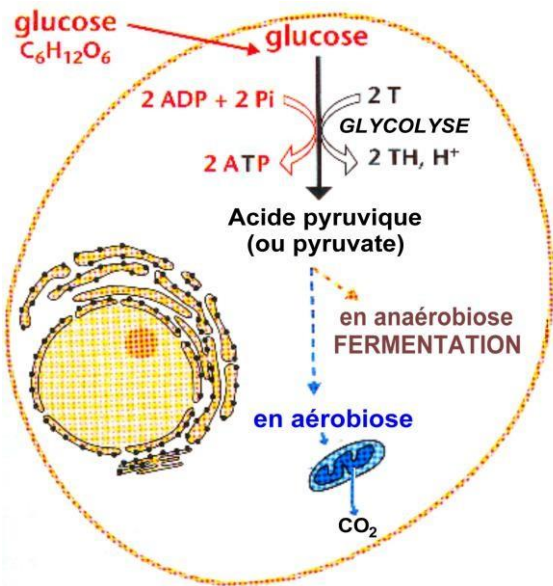
➤ **Voie anabolique** : ensemble des voies de .....de molécules.

Une voie anabolique aboutit à une ..... du nombre de carbone des molécules et .....de l'ATP et des .....

# Activité 1 : Les voies métaboliques du catabolisme du glucose

Les cellules utilisent comme nutriment principal le glucose.

A partir du document ci-dessous, indiquer le devenir possible du glucose dans une cellule.



Selon les conditions d'oxygénation, **deux voies** de dégradation du glucose peuvent être utilisées.

- Dans les 2 cas, la même voie est empruntée **au départ** : .....

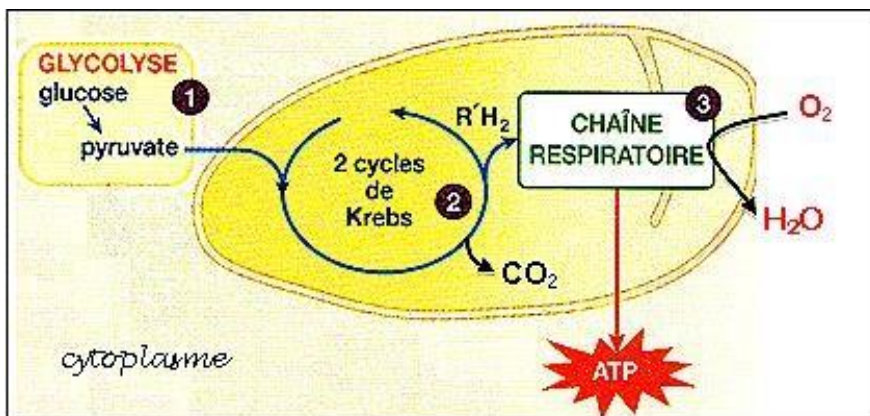
.....  
 .....

En aérobiose, l'acide pyruvique .....

En anaérobiose, l'acide pyruvique .....

# Activité 2 : Les voies du catabolisme du glucose en aérobiose

Document 1 : les grandes étapes de la dégradation cellulaire du glucose



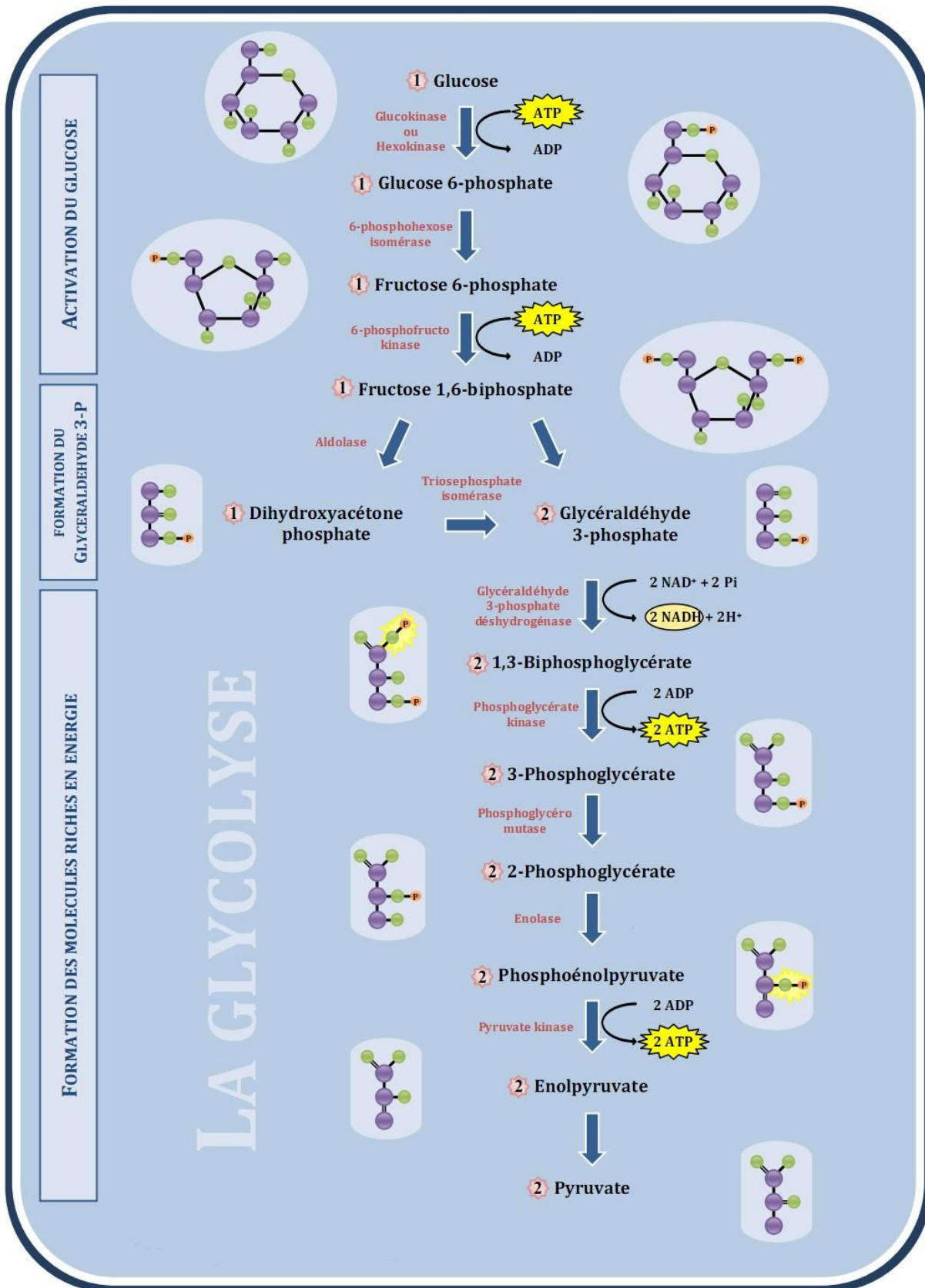
**Question :**

A partir du document 1 et des connaissances :

- indiquer le devenir du glucose dans la cellule en aérobiose et le rôle de la respiration cellulaire,
- localiser les différentes réactions au niveau de la cellule.

.....  
 .....

Document 2 : la glycolyse, première étape de dégradation du glucose dans le cytoplasme



1. Ecrire l'équation chimique de réaction correspondant à la 1ère étape de la glycolyse. D'après les connaissances acquises sur le couplage de deux réactions, indiquer le rôle de la molécule d'ATP présente dans la réaction.

.....

.....

2. Pourquoi les molécules de la deuxième moitié de la glycolyse présentent 2 molécules ?

.....

.....

3. Surligner ou entourer le(s) étape(s) d'oxydoréduction de la glycolyse. Justifier votre réponse.

.....

.....

.....

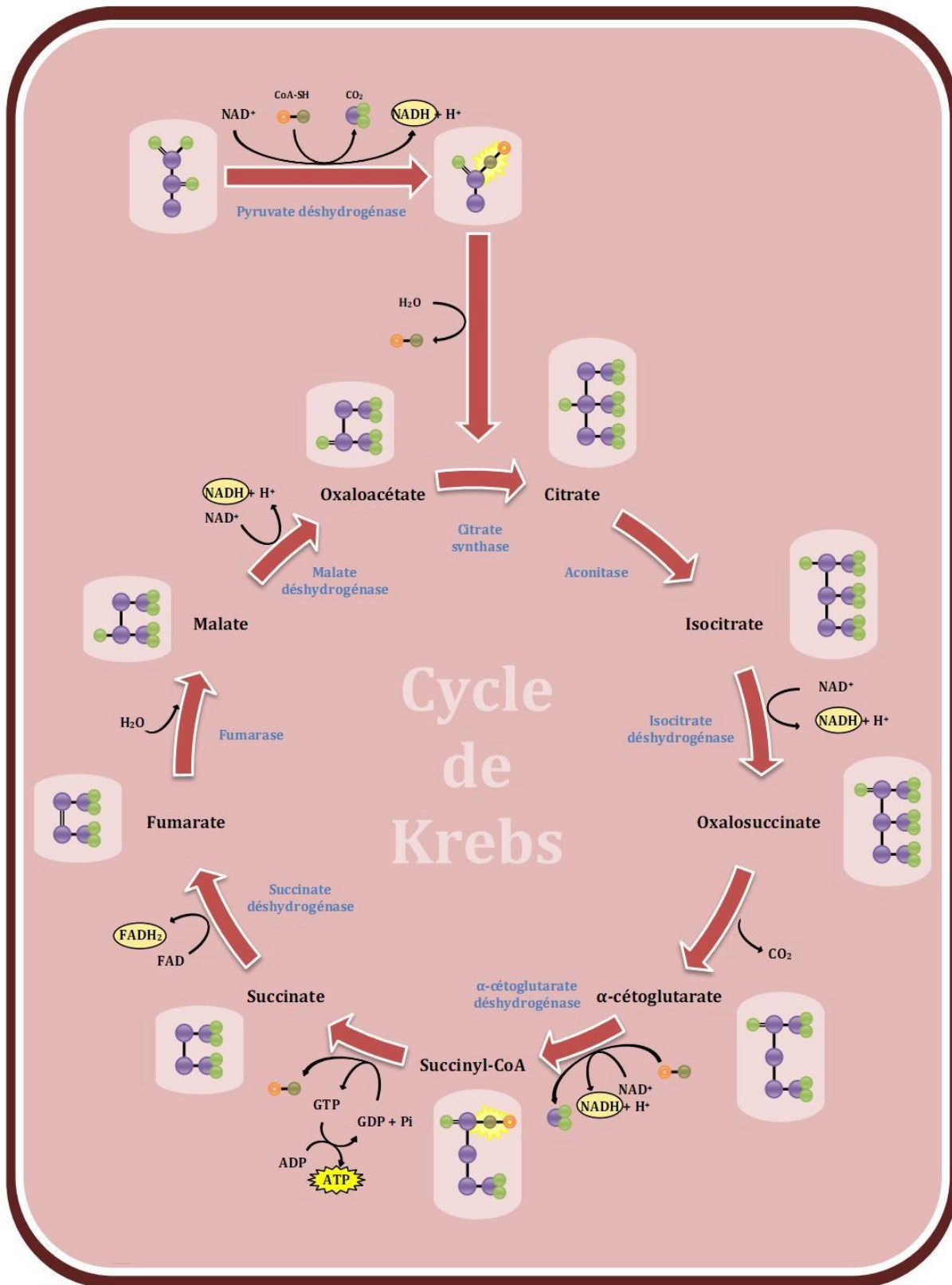
4. Ecrire le bilan de matière de la glycolyse

Les molécules d'un bilan de matière sont celles comportant **les carbones de la molécule de départ**. On cherche à comprendre **le devenir de ces carbones**. Les autres molécules (NAD<sup>+</sup>, ATP...) doivent figurer si elles ont été consommées ou produites.

Molécules entrantes dans la voie = réactifs consommés	Molécules sortantes de la voie = Produits formés
<b>Après simplification :</b>	

**Bilan de la glycolyse\_:**

### Document 3 : Le cycle de Krebs dans la matrice des mitochondries



Donnée : 3 molécules d' $\text{H}_2\text{O}$  entrent dans la transformation du pyruvate en  $\text{CO}_2$

5. Etablir le bilan de matière de la transformation du pyruvate en CO<sub>2</sub>

Molécules entrantes dans la voie = réactifs consommés	Molécules sortantes de la voie = Produits formés
<b>Après simplification, en bilan :</b>	

**Bilan du cycle de Krebs :**

6. « La transformation du pyruvate en CO<sub>2</sub> est une oxydation ». Justifier la réponse en surlignant le(s) étape(s) d'oxydoréduction au niveau du cycle.

7. Etablir le bilan de matière de la transformation du glucose en CO<sub>2</sub>.

**D'après la glycolyse :**

**D'après le cycle de Krebs :**

**Bilan de matière de l'oxydation du glucose en CO<sub>2</sub> :**

### *RESUME*

Le cycle de Krebs permet l'oxydation du pyruvate en ..... puis en .....

Le cycle de Krebs représente l'étape finale du catabolisme des glucides qui ont été dégradés sous forme de ..... Les coenzymes réduits (NADH,H<sup>+</sup> et FADH<sub>2</sub>) formés subiront ensuite une réoxydation au niveau de la chaîne respiratoire.



#### Document 4 : La réoxydation des composés réduits et l'intervention du dioxygène

Les coenzymes  $\text{NAD}^+$  et  $\text{FAD}$  (**R**) sont en quantité limitée dans la cellule. S'ils sont réduits ( $\text{RH}_2$ ), la cellule doit les réoxyder grâce à **la chaîne respiratoire mitochondriale** localisée au niveau des crêtes (replis) de la membrane interne des mitochondries.

La réoxydation des coenzymes est couplée à la **réduction du dioxygène** et à la **production d'ATP** par une ATP synthase.

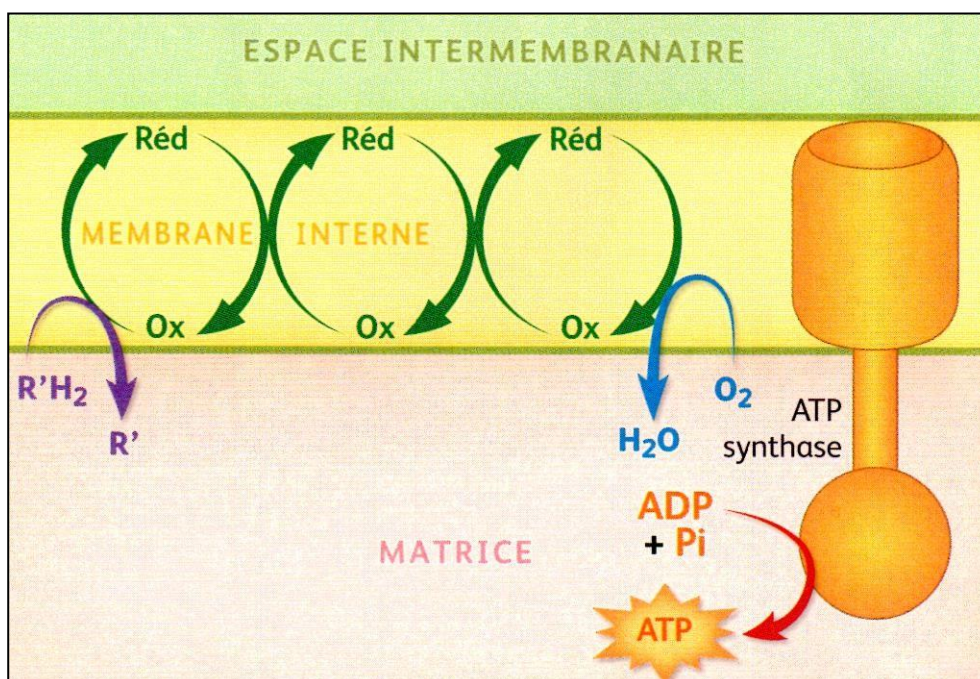
La réoxydation d'une molécule de coenzyme réduit permet la production de :

- 3 molécules d'ATP par molécule de  $\text{NADH}, \text{H}^+$
- 2 molécules d'ATP par molécule de  $\text{FADH}_2$

8. Etablir un bilan d'énergie : calculer le nombre de molécules d'ATP produites à partir d'une molécule de glucose.

Etape	Coenzymes réduits formés	ATP formés lors de la réoxydation des coenzymes réduits	ATP formés directement	Molécules d'ATP formées au total
Glycolyse				
Cycle de Krebs				
<b>Bilan en ATP de la respiration cellulaire</b>				

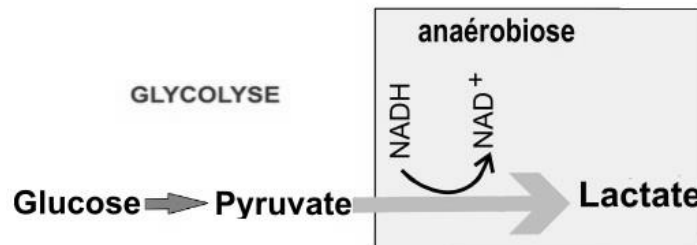
L'oxydation d'une molécule de glucose en aérobiose libère donc ..... molécules d'ATP



### **Activité 3 : Les voies du catabolisme du glucose en anaérobiose**

En absence d'oxygène, certaines cellules réalisent une **fermentation** : dégradation anaérobie de la matière organique.

Exemple : la cellule musculaire peut dégrader le glucose et produire de l'acide lactique.



*Remarque* : Dans le muscle, en absence d'oxygène, par exemple à cause d'un effort trop intense et prolongé, les cellules musculaires se mettent à produire de l'acide lactique.

1. Rappeler le bilan de matière de la glycolyse et établir le bilan de matière de la transformation du pyruvate en lactate.

**Bilan de la glycolyse :**

**Bilan de la transformation du pyruvate en lactate :**

2. Etablir le bilan de matière de la transformation du glucose en lactate appelée « fermentation lactique ».

**Bilan de matière de la fermentation lactique**

3. Indiquer le nombre de moles d'ATP produites à partir d'une molécule de glucose.

**La fermentation d'une molécule de glucose en acide lactique libère donc .....  
molécules d'ATP**



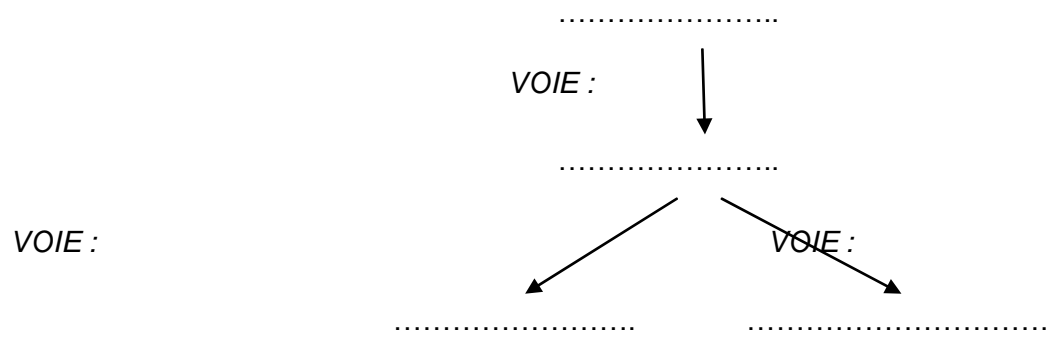
## RESUME

La dégradation du glucose est une voie ..... qui permet la formation d'ATP. Deux

voies coexistent :

→ une dégradation complète du glucose en CO<sub>2</sub>, qui ne peut se faire qu'en conditions aérobies, c'est-à-dire en présence d'O<sub>2</sub>. On parle de .....

→ une dégradation incomplète qui, en conditions anaérobies (manque ou absence d'O<sub>2</sub>). On parle de .....



### Activité 4 : Comparaison entre respiration cellulaire et fermentation lactique

#### Questions

1. Rappeler dans le tableau les bilans d'énergie de l'utilisation d'une molécule de glucose par respiration et par fermentation (ATP produits).
2. Calculer les rendements énergétiques en ATP lors de la respiration et de la fermentation et compléter le tableau.
3. Comparer les 2 résultats. Conclure sur le processus le plus intéressant d'un point de vue énergétique pour la cellule.

#### Données :

- Rendement énergétique = (quantité d'énergie récupérée sous forme d'ATP / quantité d'énergie chimique potentielle du glucose) x 100
- L'énergie chimique potentielle d'une mole de glucose est égale à 2860 kJ (= quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une mole de glucose en CO<sub>2</sub>)  
 $\Delta_r G^{\circ}_{\text{combustion}} = - 2860 \text{ kJ/mol}$
- $\Delta_r G^{\circ}_{\text{hydrolyse ATP}} = - 30 \text{ kJ.mol}^{-1}$

	Respiration	Fermentation lactique
<b>ATP produits par l'oxydation d'une molécule de glucose</b>		
<b>Rendement énergétique</b>		

## Activité 5 : Etude d'une voie anabolique : le cycle de Calvin

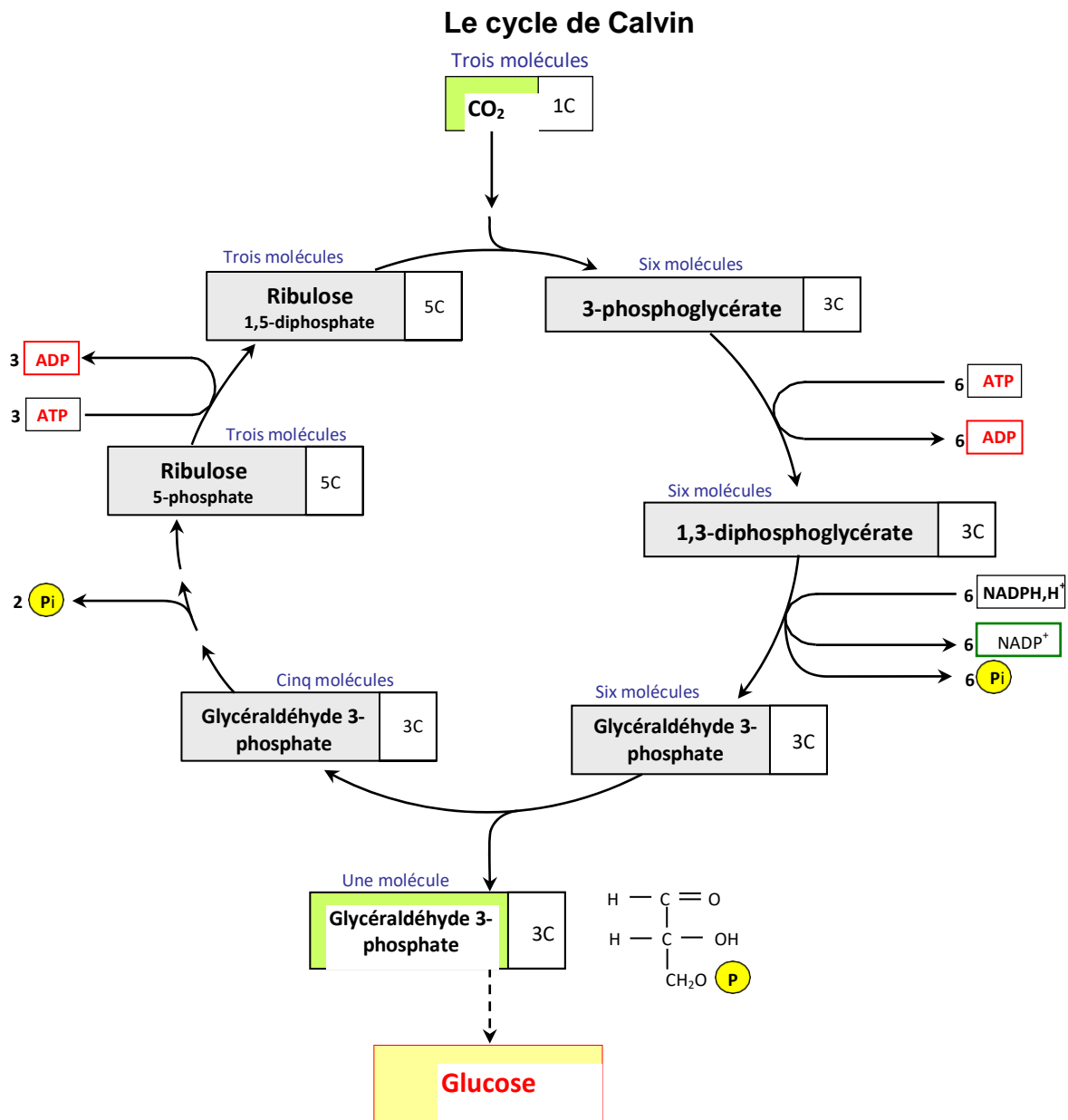
L'anabolisme correspond à l'ensemble des voies consommatrices d'ATP permettant la synthèse de composés cellulaires.

Le cycle de Calvin est un ensemble de réactions réalisées par les organismes photosynthétiques pour produire leurs molécules de glucose lors de la phase chimique de la photosynthèse.

Les plantes fixent le CO<sub>2</sub> pour produire du glycéraldéhyde 3 phosphate (G3P), molécule qui joue un rôle de précurseur de la synthèse du glucose.

### Questions

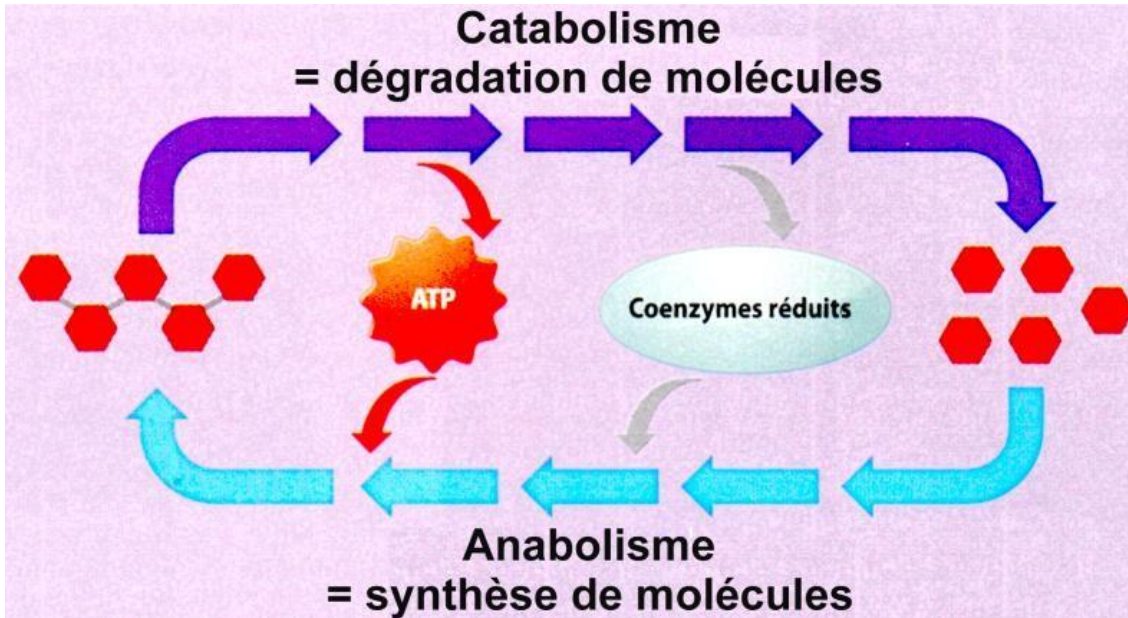
1. *Surligner le(s) étape(s) mettant en jeu des coenzymes d'oxydoréduction. Y a-t-il oxydation ou réduction des coenzymes ?*
2. *Surligner les étapes de consommation de molécules d'ATP*
3. *Surligner les étapes de production de molécules d'ATP.*
4. *Par comparaison aux voies cataboliques évoquées précédemment, en quoi une voie anabolique diffère-t-elle fondamentalement ?*



RECAPITULATIF

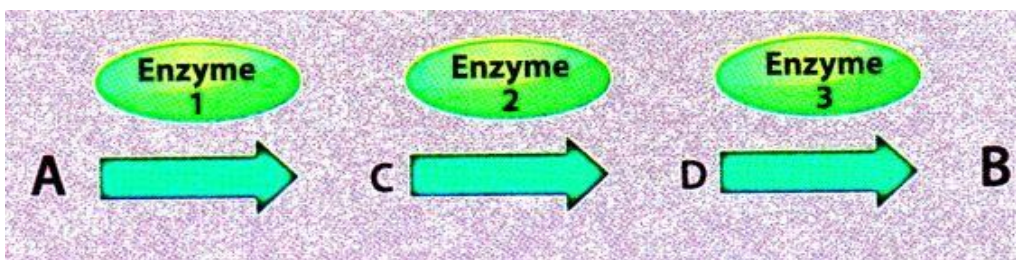
Chapitre 2 : Etude des grandes voies métaboliques cellulaires

➤ Métabolisme = catabolisme + anabolisme



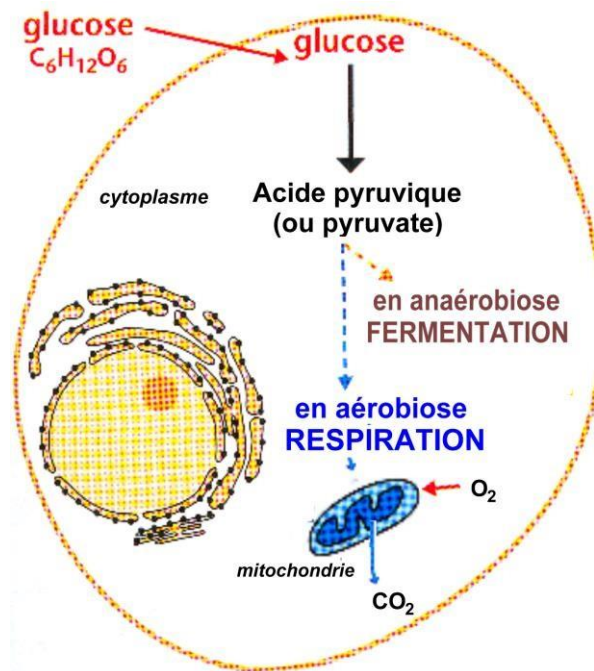
➤ **Voie métabolique:**

Ensemble des réactions **catalysées par des enzymes** mises en œuvre par la cellule pour transformer une molécule A en molécule B.



## ➤ Exemple de voies cataboliques : la dégradation du glucose

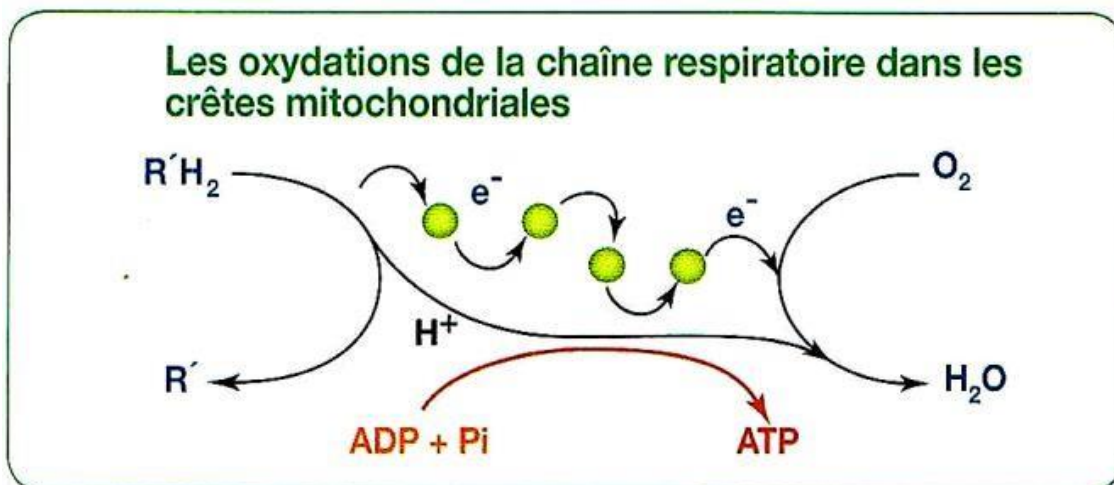
Toutes les cellules eucaryotes puisent l'énergie nécessaire à leur métabolisme dans l'oxydation de molécules organiques comme le glucose.



⇒ La **respiration cellulaire**:

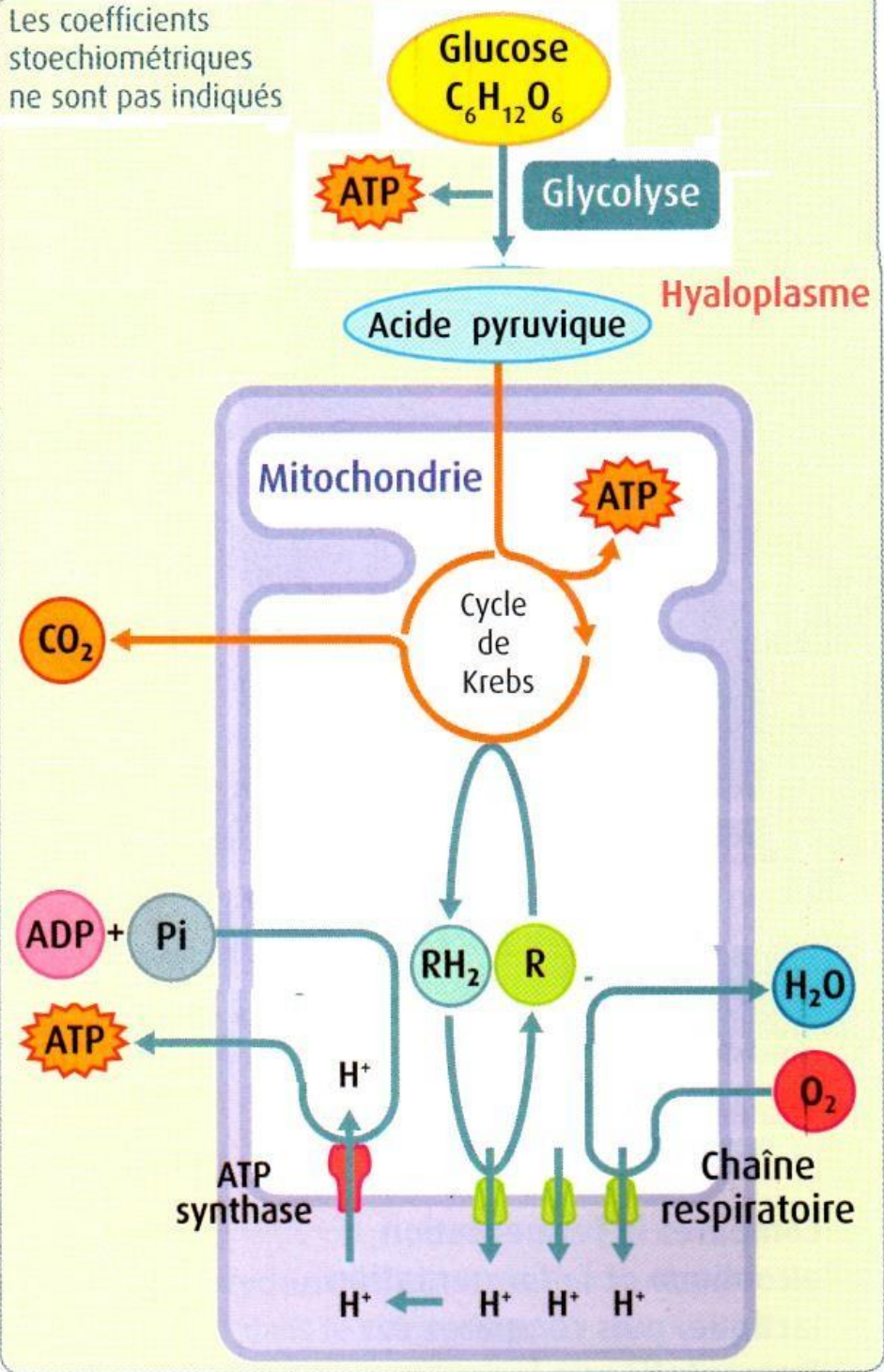
Le glucose est totalement oxydé en  $CO_2$  en présence d' $O_2$ : il y a **production d'ATP** et de **coenzymes réduits** ( $RH_2 = NADH, H^+ \dots$ )

Les coenzymes réduits sont réoxydés par la **chaîne respiratoire**: les électrons sont transférés jusqu'à un **accepteur final** qui est le **dioxygène**. Ces oxydoréductions permettent la production d'une grande quantité d'ATP.





Les coefficients  
stoechiométriques  
ne sont pas indiqués



⇒ La **fermentation lactique**:

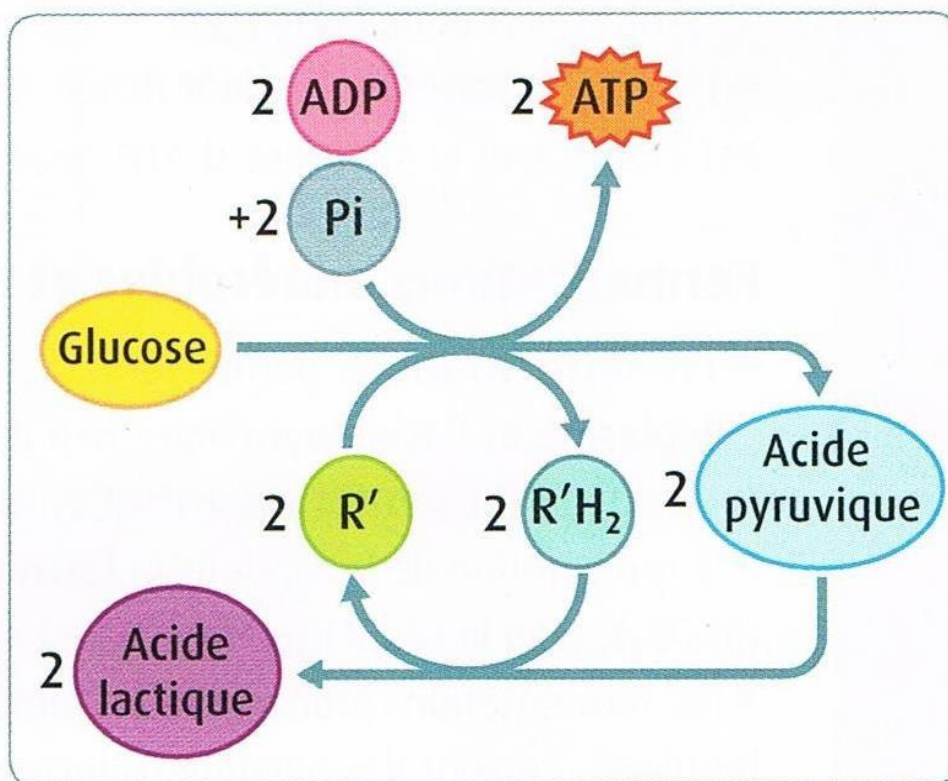
En absence de dioxygène, les cellules dégradent le glucose de façon incomplète.

Le glucose est oxydé par glycolyse. L'acide pyruvique formé est réduit en **acide lactique** dans le cytoplasme, ce qui permet la **réoxydation** des **coenzymes réduits** ( $R'H_2 = (NADH + H^+)$ ).

Au cours des fermentations, seule la glycolyse permet de produire de l'ATP.

L'oxydation incomplète d'une molécule de glucose permet la production de **2 molécules d'ATP seulement**.

Une fermentation produit de l'ATP avec un **rendement beaucoup plus faible** que la respiration.



## CONCLUSION :

**Respiration et fermentation** sont deux processus d'oxydation de la matière organique qui permettent aux cellules de produire de l'énergie. L'énergie libérée par ces réactions permet la synthèse d'ATP.

Les cellules pour croître et se multiplier effectuent des **réactions anaboliques** qui consomment ces molécules d'ATP (intermédiaire énergétique indispensable aux cellules).