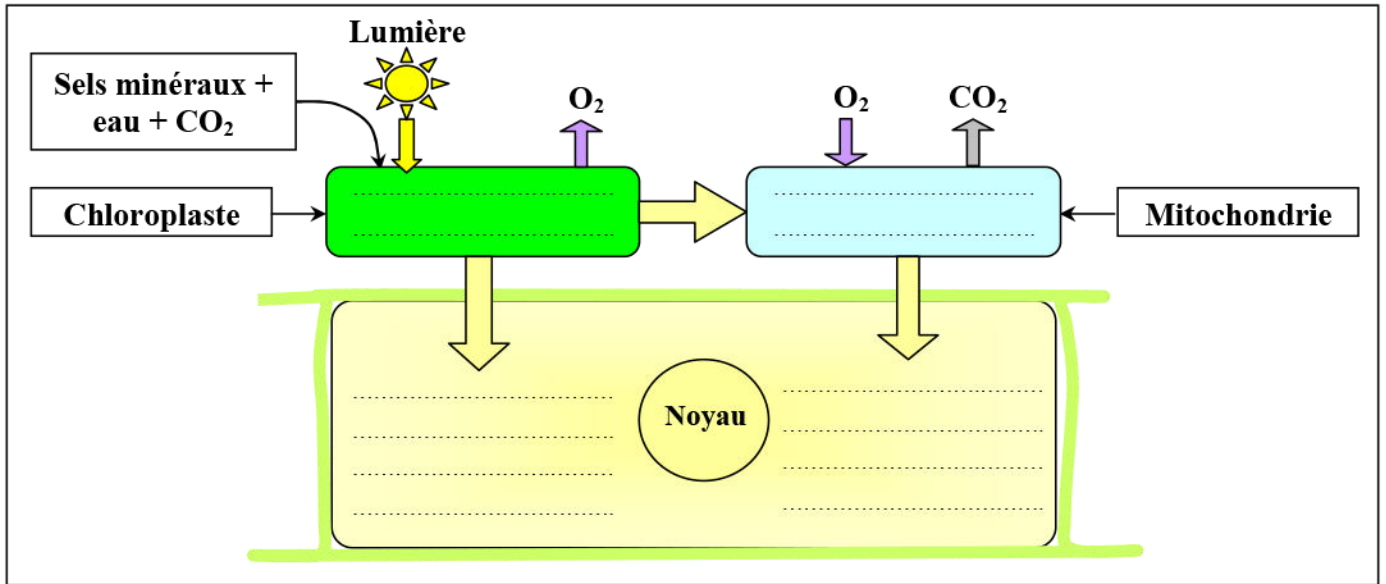


Première partie: Consommation de la matière organique et flux d'énergie

Introduction:



Area with horizontal dotted lines for writing.

Introduction:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

I – Mise en évidence des phénomènes permettant la libération de l'énergie chimique emmagasinée dans la matière organique

① **Données expérimentales :**

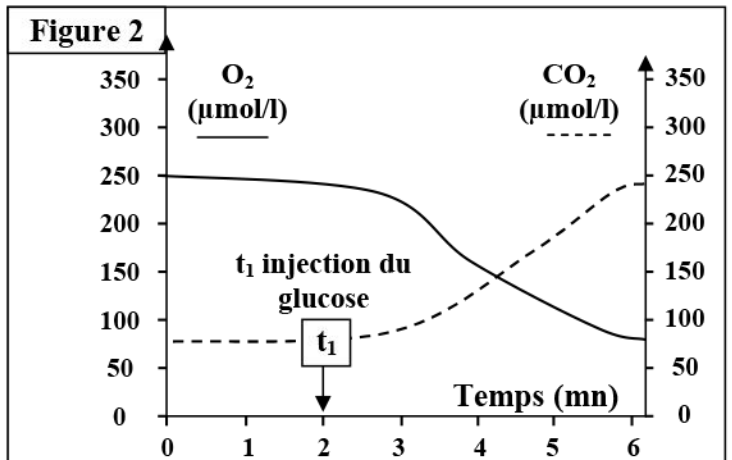
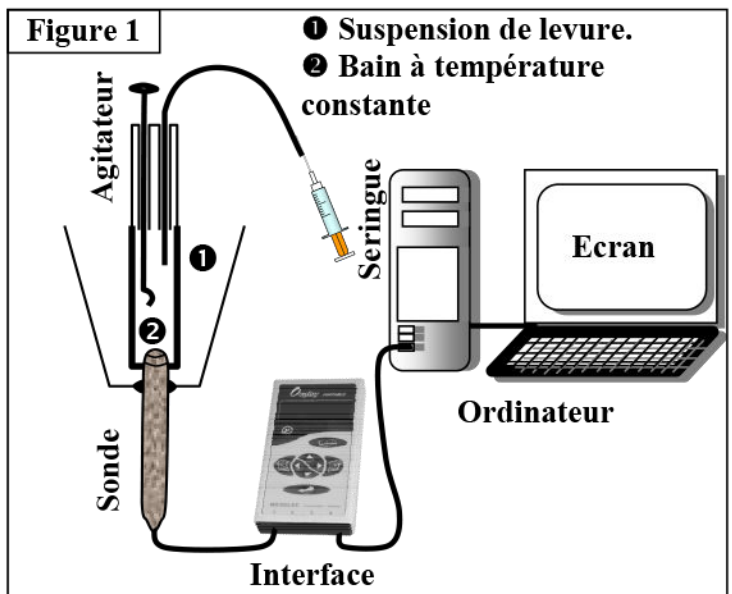
a) **Expérience 1:** (Voir document 1)

Document 1 : Libération de l'énergie chimique emmagasinée dans la matière organique dans un milieu aérobie (En présence d'oxygène):

Dans le but de rechercher les caractéristiques des phénomènes métaboliques permettant la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique, on propose l'étude des données suivantes:

Protocole expérimental:

On prépare une suspension de levure, de concentration connue (10g/L). La suspension est constamment aérée avec un bulleur. On place 5 ml de la suspension dans le bioréacteur du dispositif EXAO (Figure1). On relie la sonde à dioxygène (O₂) et à dioxyde de carbone (CO₂) par une interface à un ordinateur. En suite on observe sur l'écran de l'ordinateur l'évolution de la teneur en O₂ et en CO₂ dans le milieu (Figure 2). A t₁ on injecte dans le bioréacteur 0.1 ml d'une solution de glucose à une concentration de 5%.



- 1) Décrire les résultats représentés par les courbes de la figure 2.
- 2) Comment expliquez-vous ces résultats?
- 3) montrer les caractéristiques mises en évidence par cette expérience.

1)

2)

3)

b) Expérience 2: (Voir document 2)

Document 2: Libération de l'énergie chimique emmagasinée dans la matière organique dans un milieu anaérobie (En absence d'oxygène):

Dans le but de voir comment évoluent les populations de levures dans un milieu dépourvue de dioxygène, on effectue l'expérience suivante:

On prépare une suspension de levure dans l'eau (10g/L) que l'on maintient à l'abri de l'air dans un flacon à col étroit contenant une solution glucosée (Figure 1).

Après un certain temps, on peut mettre en évidence le dégagement de CO₂ que l'on caractérise à l'aide d'eau de chaux, et la disparition du glucose que l'on peut caractériser à l'aide de bandelettes réactives utilisées pour mesurer la glycémie.

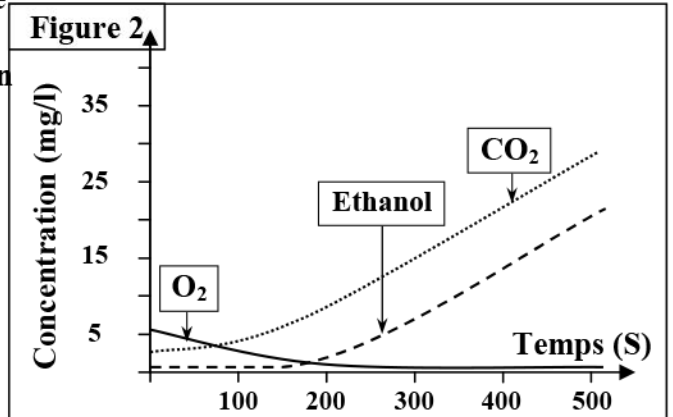
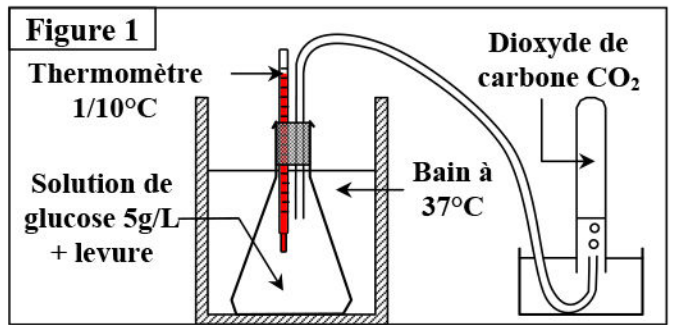
1) Analysez les résultats obtenus au cours de cette expérience.

On place ensuite 5 ml de la suspension dans le bioréacteur du dispositif EXAO, pour suivre la variation au cours du temps de la concentration d'oxygène (O₂), de dioxyde de carbone (CO₂) et d'alcool éthylique (éthanol: CH₃ - CH₂OH). La figure 2 représente les résultats obtenus.

2) Interprétez ces résultats puis donnez une conclusion.

Le lait frais contient plusieurs espèces de bactéries lactiques qui transforment le lactose C₁₂H₂₂O₁₁ dans un milieu anaérobie, en acide lactique CH₃-CHOH-COOH. On parle de la fermentation lactique.

3) En se basant sur tout les données de ce document, dégager les caractéristiques de la fermentation comme voie de dégradation des métabolites.



1)

2)

3)

② Bilan :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

II – La glycolyse, étape commune entre respiration et fermentation

① Localisation de la respiration et la fermentation dans la cellule:

a) Données expérimentales : (Voir document 3)

Document 3: Localisation de la respiration et la fermentation dans la cellule.

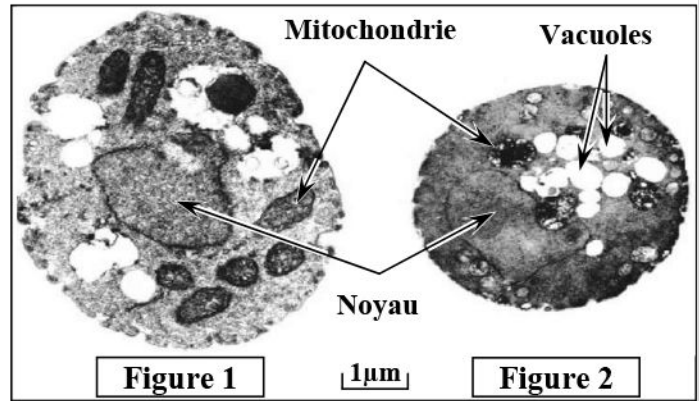
On souhaite voir comment évoluent les populations de levures et certains paramètres du milieu en aérobiose et en anaérobiose. Pour cela, des levures ont été placées dans un milieu de culture contenant le glucose en présence ou en absence d’oxygène. Le tableau ci-dessous représente les conditions et les résultats de l’expérience :

1) Indiquez les informations que l’on peut tirer de ces résultats.

	Poids de levures formées (g)	Glucose (g)		Test à l’alcool	
		Initial	Consommé	Début	Fin
Aérobic	1.970	150	150	-	-
Anaérobic	0.255	150	45	-	+

On observe des cellules de levure cultivées sur un milieu nutritif riche en O₂ : milieu aérobic, et sur un milieu nutritif dépourvu d’O₂ : milieu anaérobic. Les schémas ci-dessous représentent les électrographies de cette observation.

2) Comparez les deux cellules et déduisez la relation entre le type de métabolisme et la présence de mitochondries.



b) Exploitation des données:

1)

.....

.....

.....

.....

2)

.....

.....

.....

.....

c) Bilan:

.....

.....

.....

.....

.....

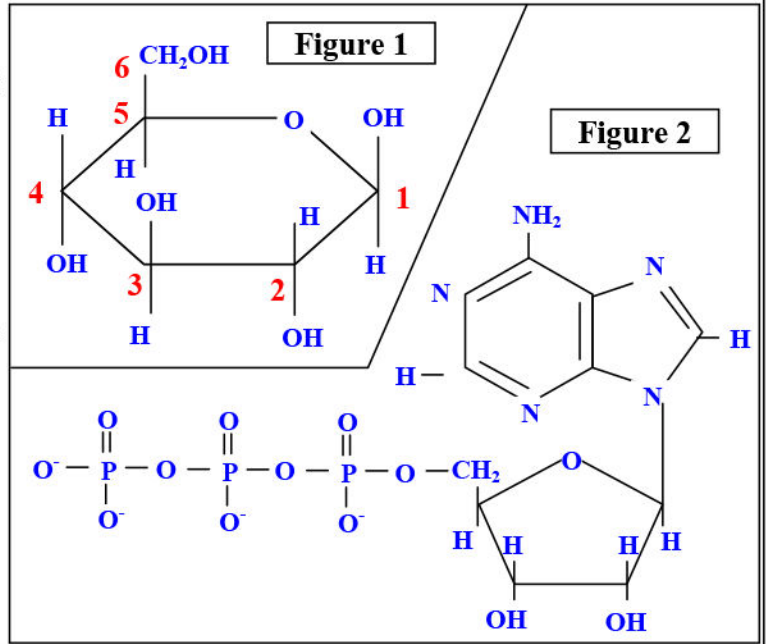
② Les étapes de la glycolyse:

a) Structure moléculaire du glucose et de l'ATP: (Voir document 4)

Document 4: Structure moléculaire du glucose et de l'ATP.

Figure 1: Le glucose $C_6H_{12}O_6$, c'est un glucide simple ou monosaccharide mais il est aussi un constituant de disaccharides (Le saccharose) et de polysaccharides (Le glycogène). Le glucose possède des isomères comme le fructose et le mannose.

Figure 2: ATP, adénosine triphosphate est une molécule constituée d'adénine (base azotée) liée à un ribose (sucre) qui lui attaché à trois groupements phosphates. L'ATP fournit l'énergie nécessaire aux réactions chimiques du métabolisme Afin de libérer cette énergie, la molécule d'ATP est clivée, par hydrolyse, en adénosine diphosphate (ADP) et en phosphate.



Réactions exoénergétiques :

Réactions endoénergétiques :

b) Les étapes de la glycolyse: (Voir document 5)

Document 5: Les étapes de la glycolyse:

L'utilisation du glucose marqué montre qu'après sa pénétration dans le cytoplasme d'une cellule, il peut être:

- ⇒ Soit stocké sous forme de macromolécules (Glycogène, amidon).
- ⇒ Soit dégradé en acide pyruvique au cours d'une série de réactions appelée glycolyse, qui aboutissent à la synthèse de deux molécules d'acide pyruvique.

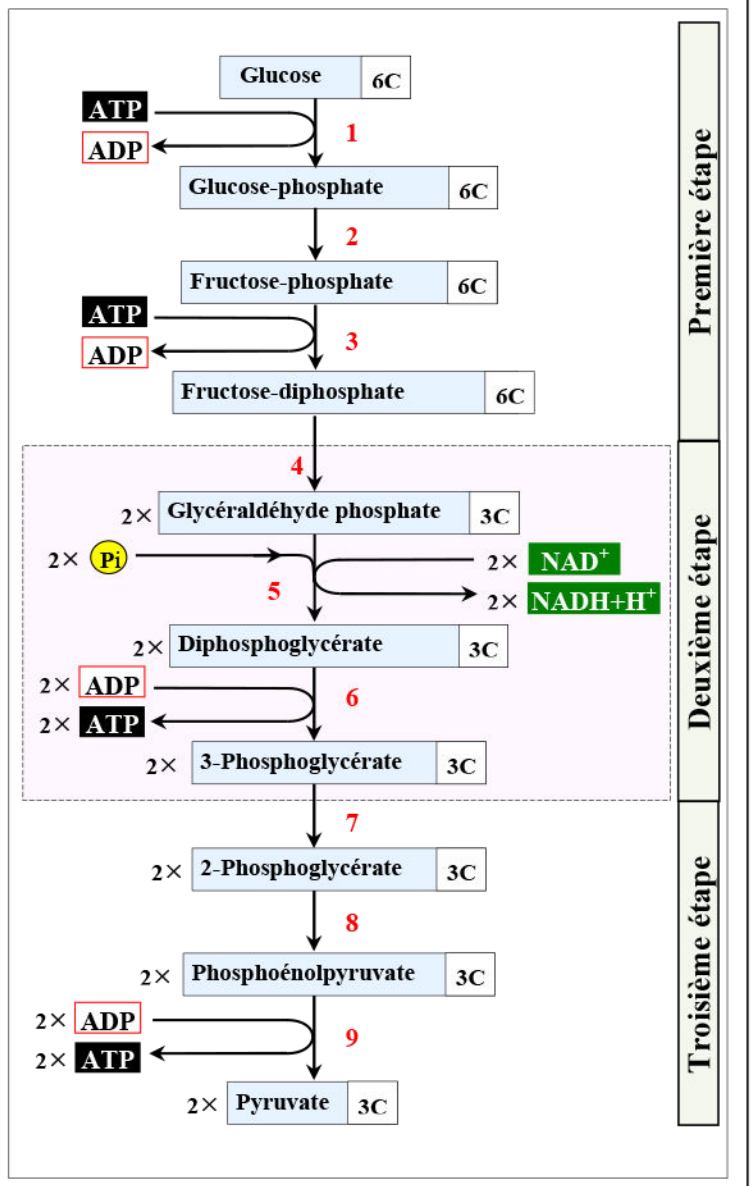
La glycolyse permet une production d'ATP en absence de dioxygène.

Le document ci-contre montre les étapes de la glycolyse.

A partir de ces données, résumez ce qui se passe au cours de la glycolyse et déduisez en quoi consiste le bilan chimique et le bilan énergétique de la glycolyse.

Enzymes impliquées

1. Hexokinase
2. Phosphoglucoisomérase
3. Phosphofructokinase
4. Aldonase
5. Glycéraldéhyde-phosphate déshydrogénase
6. Phosphoglycérate kinase
7. Phosphoglycérate mutase
8. Énolase
9. Pyruvate kinase



⇒ Etape 1 : Formation du fructose diphosphate.

⇒ Etape 2 : Formation de l'acide glycérique diphosphate.

⇒ Etape 3 : Formation de l'acide pyruvique et synthèse de l'ATP.

c) Bilan de la glycolyse:

L'équation globale de la glycolyse est la suivante:

III – La respiration cellulaire et le rôle des mitochondries

① Rôle des mitochondries dans la respiration cellulaire:

a) Mise en évidence du rôle des mitochondries : (Voir document 6)

Document 6: Mise en évidence du rôle des mitochondries.

Protocole expérimentale: on soumet des cellules de foie à un broyage mécanique modéré dans une solution à pH=7.4 à une température de 4°C afin de libérer les constituants de la cellule sans trop les léser. Le broyat obtenu est soumis à une centrifugation à très grande vitesse, ce qui permet de séparer une fraction riche en mitochondries du reste des constituants cytoplasmiques.

On place dans l'enceinte du bioréacteur du dispositif de l'EXAO une suspension de mitochondries, puis on suit la variation de la teneur en dioxygène dans ce milieu.

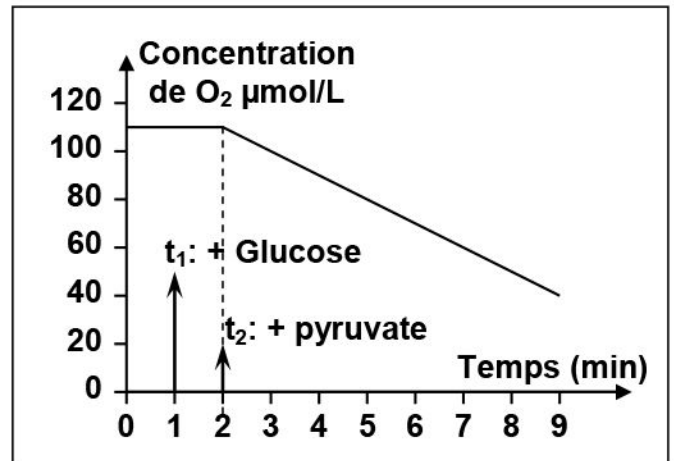
Au temps t_1 , on ajoute une petite quantité de glucose.

Au temps t_2 , on ajoute l'acide pyruvique.

La figure ci-contre représente les résultats obtenus.

Décrire les variations de la teneur en dioxygène dans le milieu.

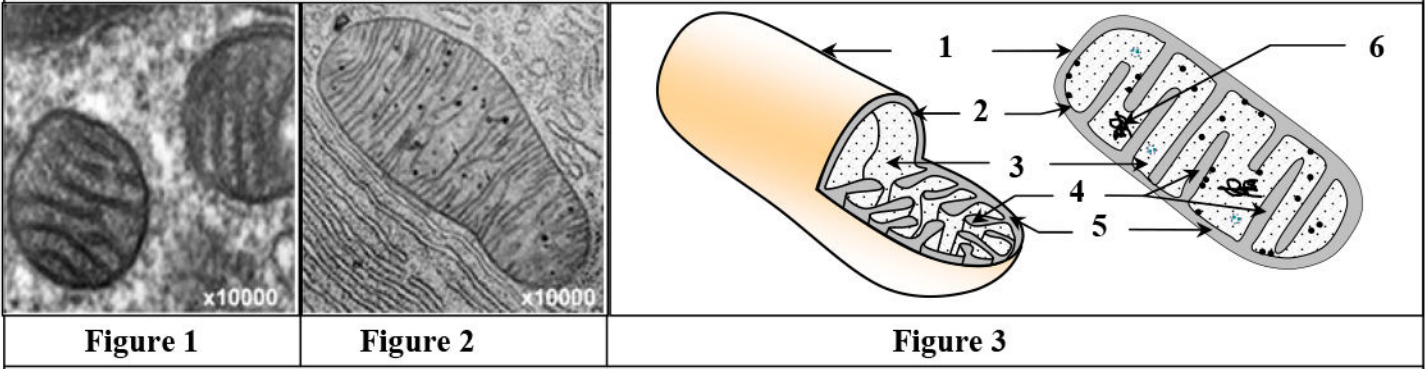
Que peut-on déduire à propos du rôle des mitochondries dans la respiration cellulaire.



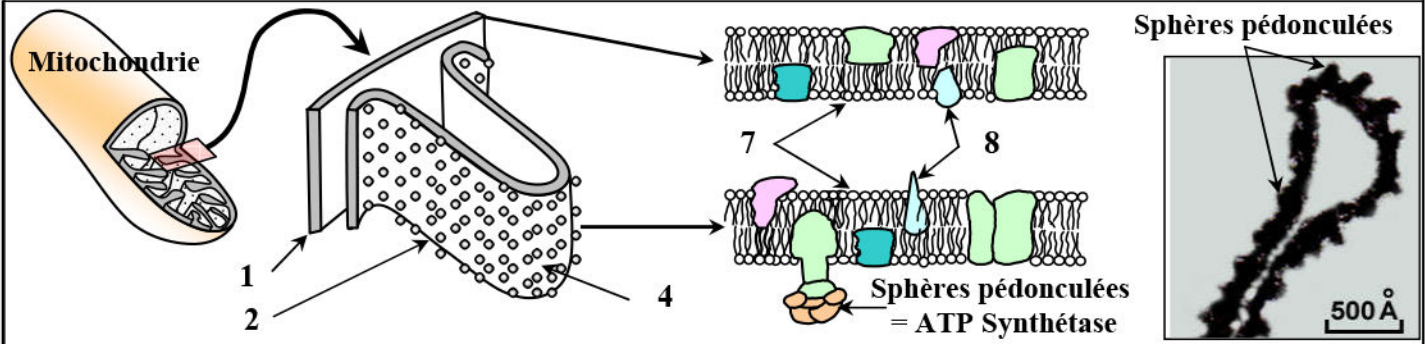
b) Ultrastructure et composition chimique de la mitochondrie :

Document 7: Ultrastructure et composition chimique de la mitochondrie

Les figures ci-dessous présentent l'ultrastructure de la mitochondrie observée au microscope électronique (Fig. 1 + Fig. 2) et sa représentation tridimensionnelle (Fig. 3).



La figure ci-dessous présente une électronographie de la membrane interne de la mitochondrie, ainsi qu'un schéma explicatif de la structure moléculaire des membranes mitochondriales interne et externe.



1) En se basant sur ces données, décrire l'ultrastructure de la mitochondrie. Puis annotez le document en donnant le nom correspondant à chaque numéro.

Le tableau ci-contre présente les résultats de l'analyse biochimique des différentes structures mitochondriales.

2) Comparez la composition chimique des différentes structures mitochondriales puis indiquez la relation entre cette composition et son rôle dans la respiration cellulaire.

	Composition chimique	Equipement enzymatique
Membrane externe	38 % de lipides 62 % de protéines	Composition comparable à celle de la membrane cytoplasmique
Membrane interne	20 % de lipides 80 % de protéines	Nombreuses enzymes en particulier des ATPsynthase
Matrice	Absence de glucose Présence d'acide pyruvique et d'ATP	Déshydrogénases et carboxylases

1)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2)

② Etapes de la respiration cellulaire au niveau des mitochondries:

a) Oxydation du pyruvate dans la matrice: (Voir document 8)

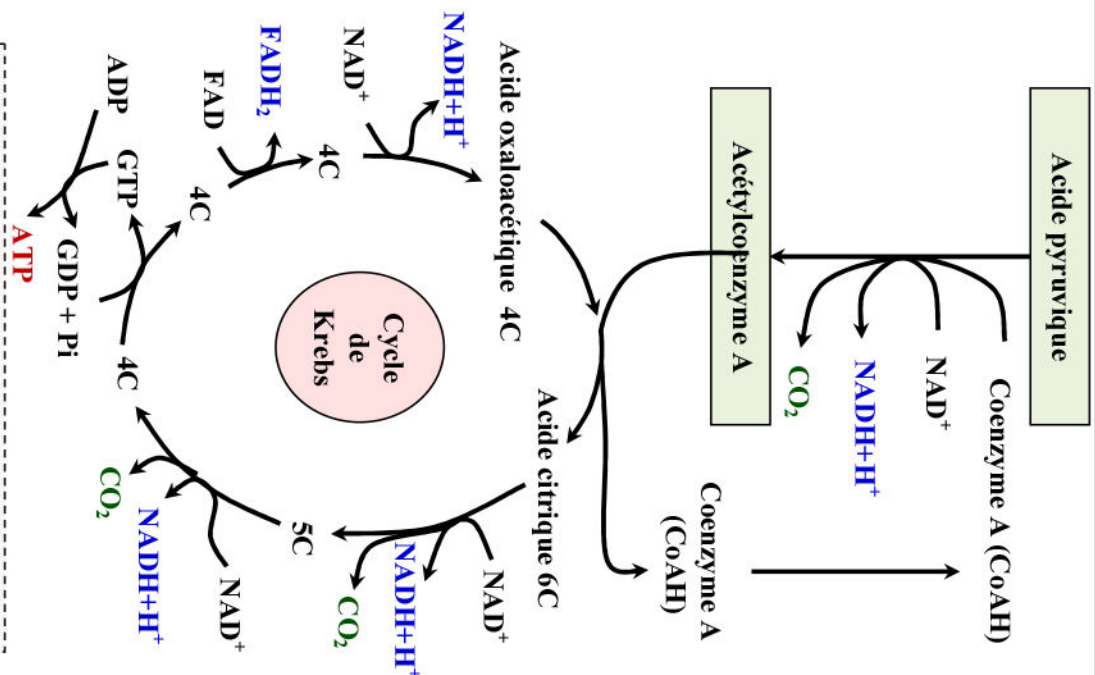
Document 8: Oxydation du pyruvate dans la matrice.

- XC c'est le nombre d'atomes de carbone de chaque type de molécule.

- Chez les végétaux le GDP est remplacé par de l'ADP.

Noms des molécules

- NAD⁺: nicotine adénine Dinucléotide
- FAD: flavine adénine Dinucléotide
- GDP: guanosine 5'-diphosphate
- GTP: guanosine 5'-triphosphate



- 1) Décrivez l'ensemble de réactions chimiques que subit l'acide pyruvique dans la matrice mitochondriale.
- 2) Donnez l'équation bilan de cycle de Krebs
- 3) Quel est le bilan chimique de l'oxydation totale d'une molécule de pyruvate dans la matrice mitochondriale ?

1)

⇒ **Étape 1 :**

La réaction globale de cette étape est :

.....

⇒ **Étape 2 :**

2) Equation bilan de cycle de Krebs :

.....

3)

La réaction globale de de l'oxydation totale d'une molécule d'acide pyruvique dans la matrice:

.....

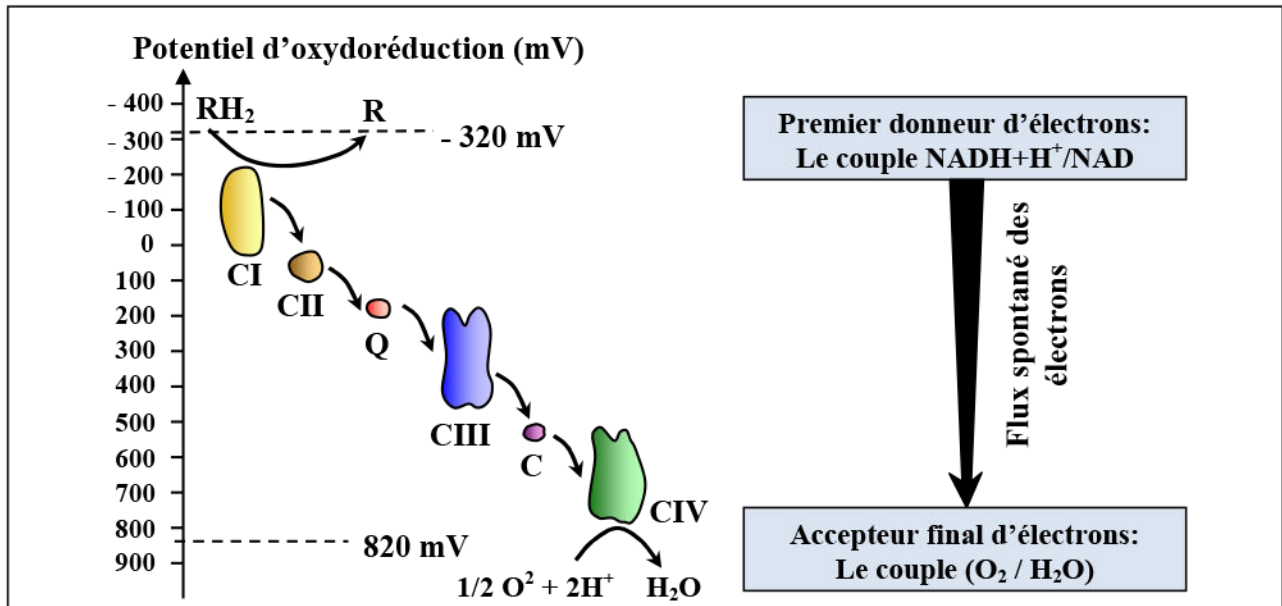
b) La réoxydation des transporteurs réduits :
★ **Notion de chaine respiratoire :** (Voir document 9)

Document 9: Notion de chaîne respiratoire.

Dans les systèmes biologiques, les réactions d'oxydoréduction impliquent le plus souvent des échanges de protons et d'électrons.

A un couple redox est associé un potentiel d'oxydoréduction mesuré en volts. La connaissance du potentiel d'oxydoréduction des couples redox impliqués dans une réaction d'oxydoréduction permet de prévoir si le transfert d'électrons se fera spontanément ou nécessite un apport d'énergie.

La mesure du potentiel redox de certains transporteurs d'électrons localisés au niveau des mitochondries et plus précisément au niveau de la membrane interne (CI, CII, ... CIV), a donnée les résultats représentés par la figure ci-dessous.



A partir des données de ce document :

- 1) Définir la chaîne respiratoire.
- 2) Montrez le rôle de la chaîne respiratoire dans la réoxydation des coenzymes réduits et la réduction du dioxygène.

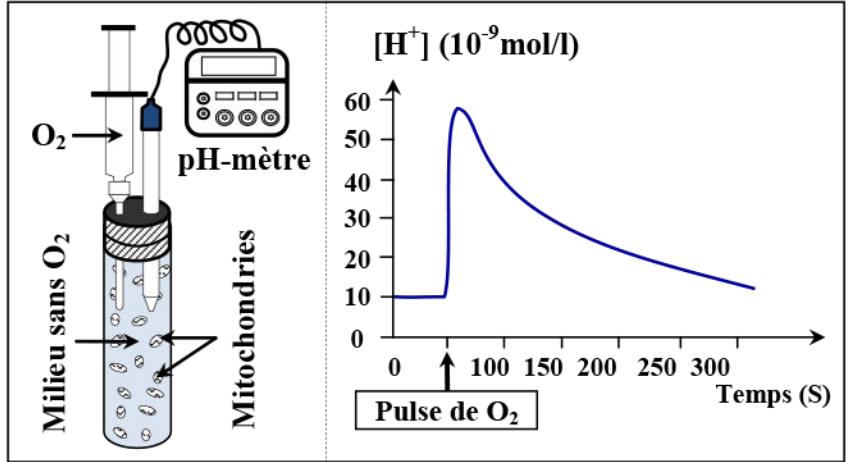
1)

2)

Document 10: Réduction du dioxygène et flux des protons [H⁺].

Une solution enrichie en mitochondries et en donneur d'électrons (NADH+H⁺) est contenue dans un milieu confiné dépourvu de dioxygène. En injectant une solution d'O₂ (Pulse), on étudie son influence sur la concentration en protons du milieu extérieur. On obtient la courbe ci-contre.

Analysez puis expliquez les résultats de cette l'expérience.

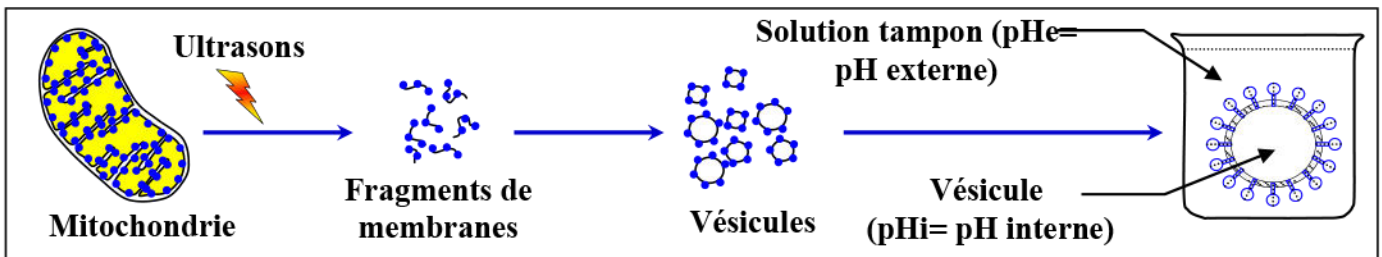


⇒ Analyse des résultats :

⇒ Explication :

Document 11: Mise en évidence du rôle des sphères pédonculées.

Après avoir isolé des mitochondries, on les soumet à l'effet des ultrasons. Il en résulte une dislocation des membranes mitochondriales. On obtient alors, à partir de fragments retournés de la membrane interne, des vésicules fermées de telle façon que les sphères pédonculées soient orientées vers l'extérieur (Voir figure ci-dessous).



Les vésicules sont placées en présence d'ADP et Pi dans des solutions qui diffèrent par leur Ph, et on mesure la quantité d'atp synthétisé. Les résultats sont représentés par le tableau ci-dessous.

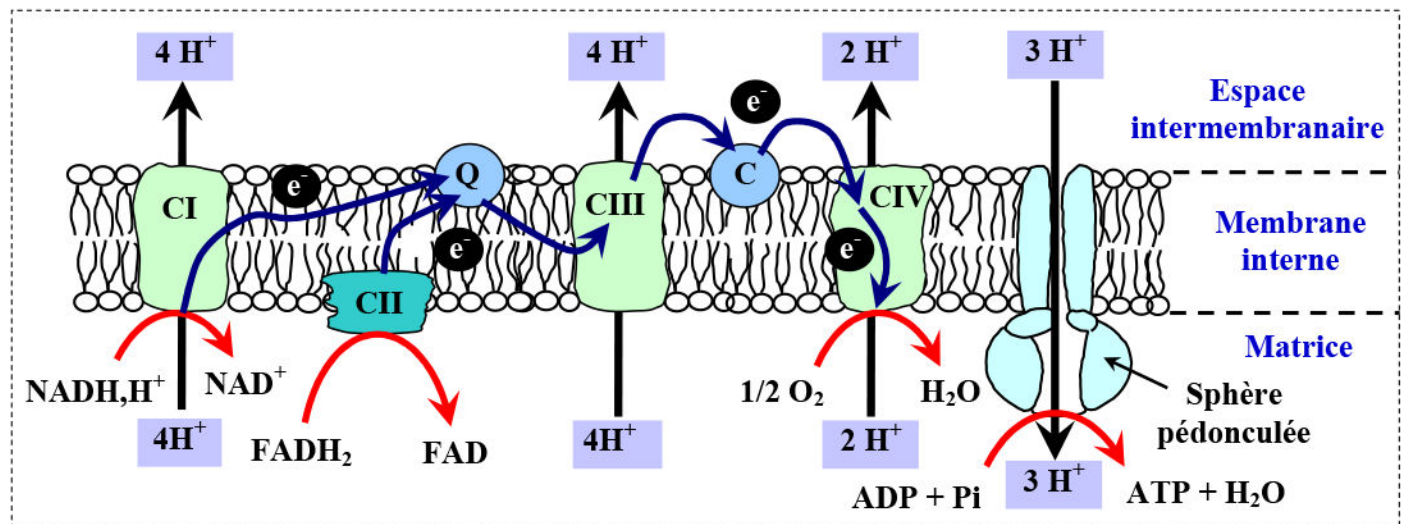
	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	A partir de l'analyse de ces résultats expérimentaux, identifiez les conditions permettant la synthèse d'ATP.
	pHi = 6	pHi = 7	pHi = 6	
	pHe = 4	pHe = 7	pHe = 9	
Synthèse d'ATP	Non	Non	Oui	

Bilan:

c) Chaîne respiratoire et phosphorylation oxydative: (Voir document 12)

Document 12: Chaîne respiratoire et phosphorylation oxydative .

La chaîne respiratoire est localisée dans la membrane interne mitochondriale.



Cette chaîne de transport d'électrons est constituée de quatre complexes protéiques :

- ✓ Le complexe I, NADH-coenzyme Q oxydoréductase, agit sur NADH,H^+ et permet le transport de 4 protons de la matrice mitochondriale à l'espace intermembranaire.
- ✓ Le complexe II, succinate-coenzyme Q oxydoréductase, agit sur FADH_2 et permet le transport d'aucun proton.
- ✓ Le complexe III, coenzyme Q-cytochrome c oxydoréductase, permet le transport de 4 protons de la matrice mitochondriale à l'espace intermembranaire.
- ✓ Le complexe IV, cytochrome c oxydase, permet le transport de 2 protons de la matrice mitochondriale à l'espace intermembranaire.
- ✓ Le coenzyme Q (ou ubiquinone) permet la transition entre le complexe I ou II et le complexe III.
- ✓ Le cytochrome C permet la transition entre le complexe III et le complexe IV.

En exploitant les données de ce document et vos connaissances, élucidez la relation entre le fonctionnement de la chaîne respiratoire et la phosphorylation oxydative.

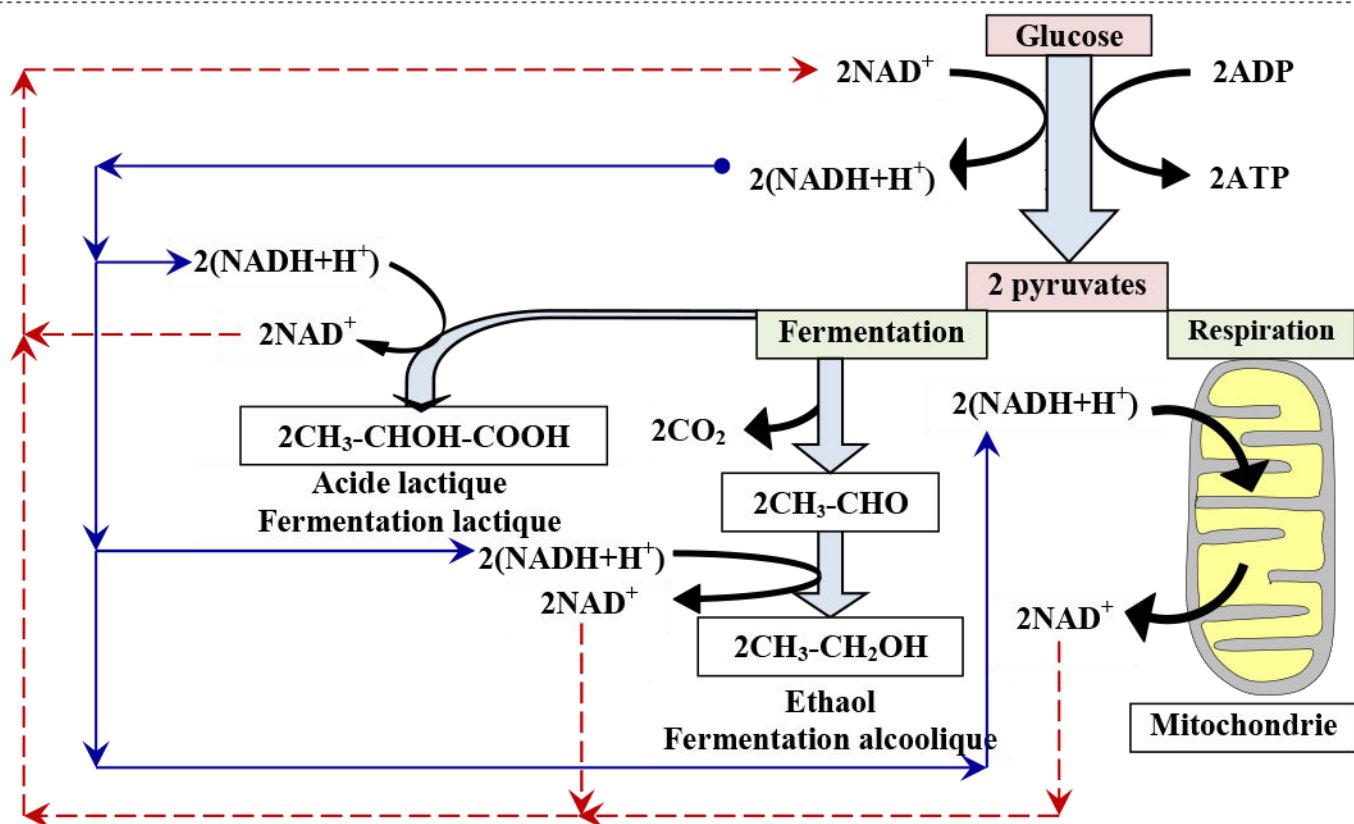
Remarques:

★ Nombre de moles d'ATP produites après l'oxydation des coenzymes réduits :

★ Devenir de l'acide pyruvique en milieu anaérobiose :

Document 13: Devenir de l'acide pyruvique en cas d'absence du dioxygène.

D'après les données de ce document indiquez le devenir du pyruvate en cas d'anaérobiose

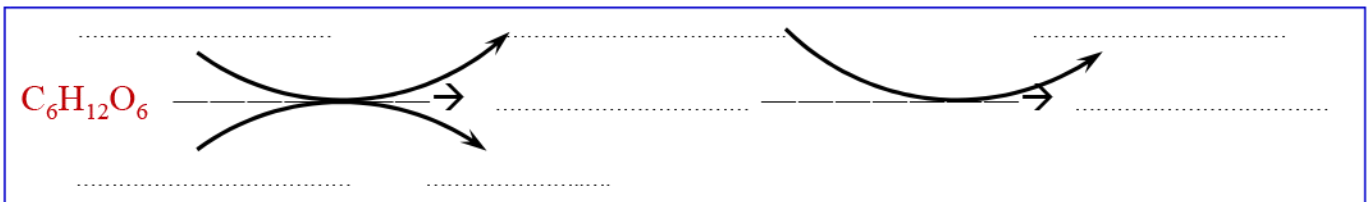


IV – Bilan énergétique de la fermentation et de la respiration:

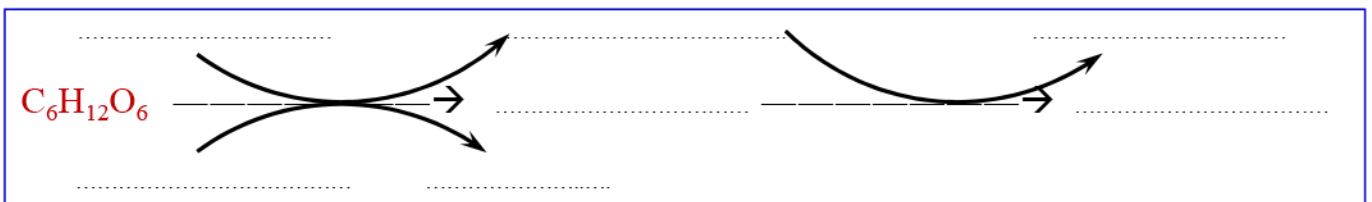
① Données à exploiter:

Le document 14 présente un schéma-bilan des étapes de la respiration.
En exploitant les données du document 13, et sachant que:

- ✓ L'oxydation d'une molécule de $\text{NADH} + \text{H}^+$ entraîne la synthèse de 3 molécules d'ATP.
- ✓ L'oxydation d'une molécule de FADH_2 entraîne la synthèse de 2 molécules d'ATP.
- ✓ La fermentation alcoolique :



- ✓ La fermentation lactique :

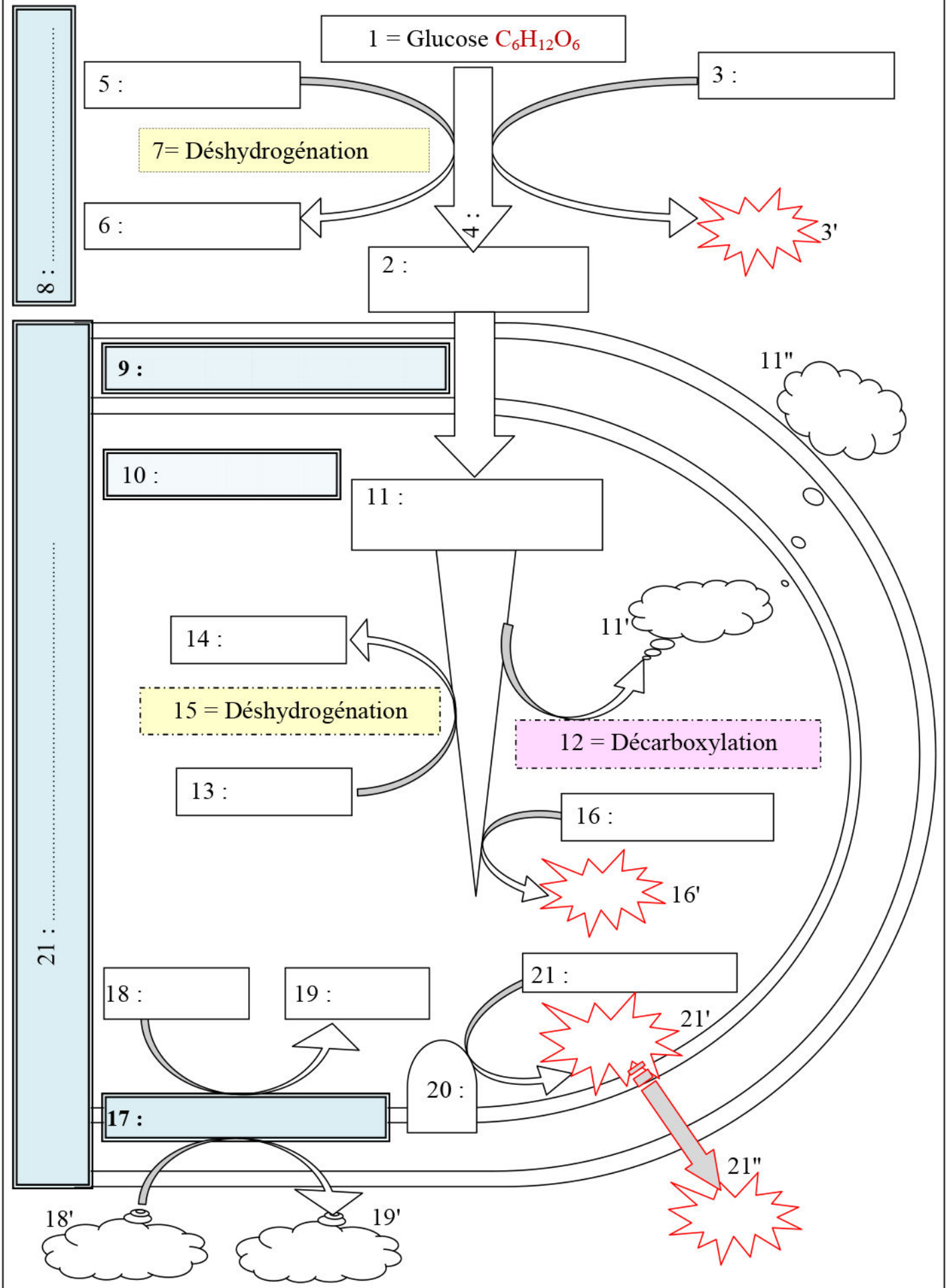


1)

2)

3) Comparez le rendement énergétique de la respiration et la fermentation.

Document 14 : schéma résumant les étapes de la respiration.



1) Calculons le nombre de moles d'ATP produites:

Remarque:

2) Calculons le rendement énergétique de la respiration et de la fermentation:

3)