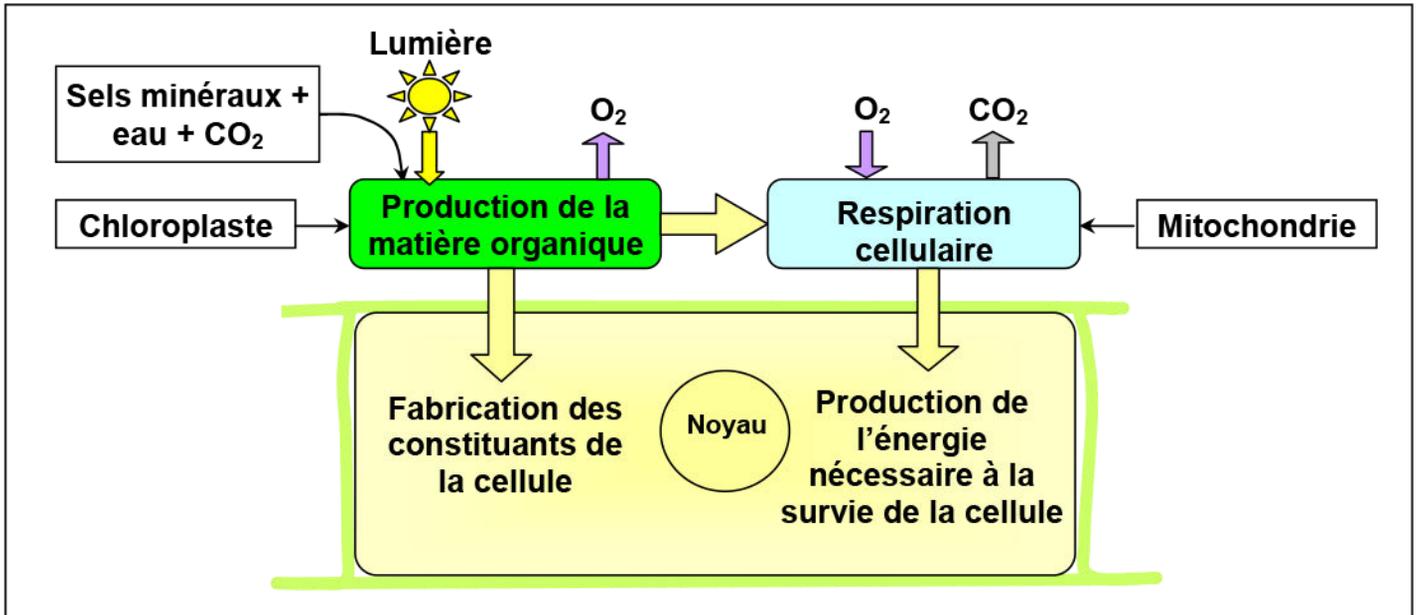


## Libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique



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

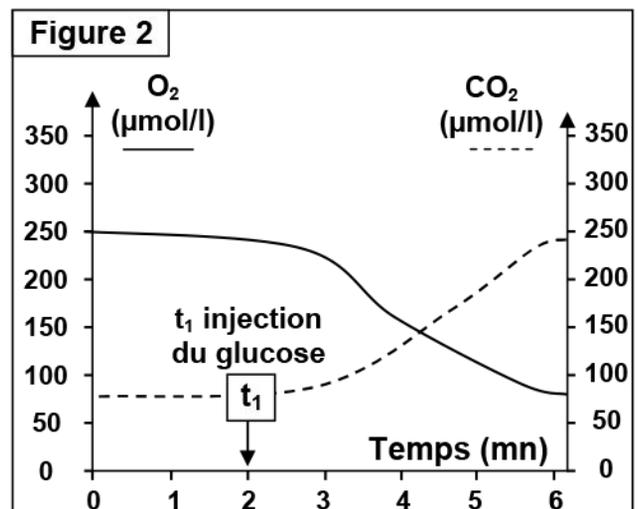
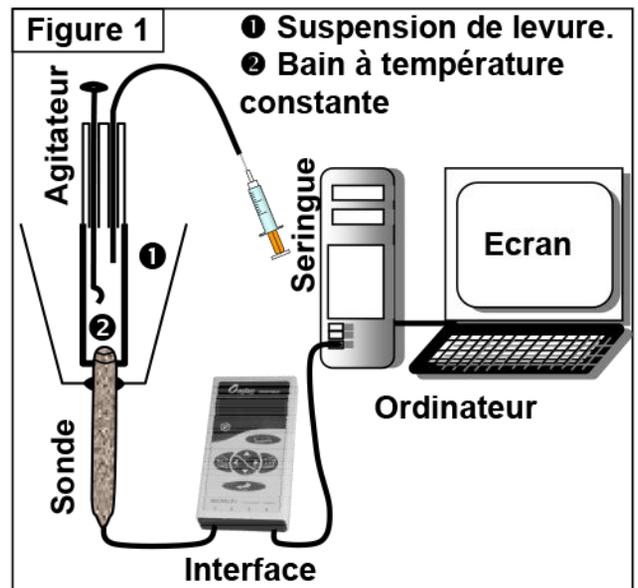
Dans le but de rechercher les caractéristiques des phénomènes métaboliques permettant la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique, on propose l'étude des données suivantes :

#### Protocole expérimental:

On prépare une suspension de levure (Figure 3), 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 (Figure 1). On relie la sonde à dioxygène (O<sub>2</sub>) et à dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par une interface à un ordinateur. En suite on observe sur l'écran de l'ordinateur l'évolution de la teneur en O<sub>2</sub> et en CO<sub>2</sub> dans le milieu (Figure 2).

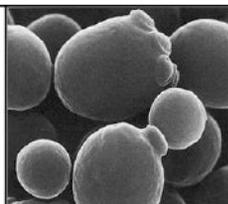
A t<sub>1</sub> on injecte dans le bioréacteur 0.1 ml d'une solution de glucose à une concentration de 5%.

- 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.



**Figure 3**

La levure est un champignon microscopique unicellulaire hétérotrophe qui se multiplie par bourgeonnement.



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

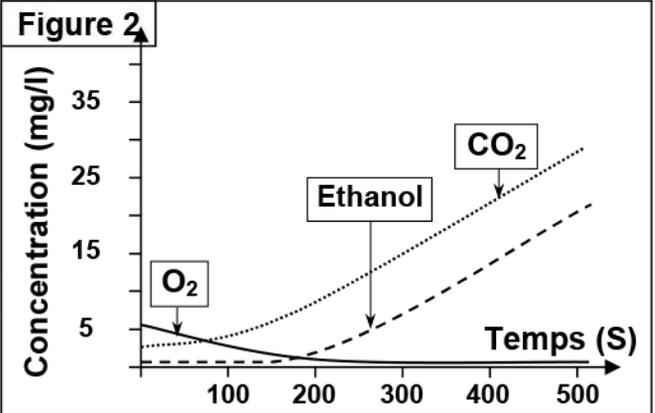
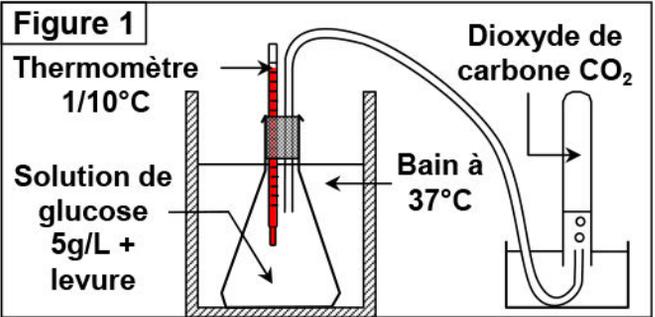
Dans le but de voir comment évoluent les populations de levures dans un milieu dépourvu de dioxygène, on effectue l'expérience suivante:

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 CO<sub>2</sub> 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.

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 (O<sub>2</sub>), de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'alcool éthylique (éthanol: CH<sub>3</sub> - CH<sub>2</sub>OH).

La figure 2 représente les résultats obtenus.



- 1) Analysez les résultats obtenus au cours de cette expérience.
- 2) Interprétez ces résultats puis donnez une conclusion.

Le lait frais contient plusieurs espèces de bactéries lactiques qui transforment le lactose C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> dans un milieu anaérobie, en acide lactique CH<sub>3</sub>-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.

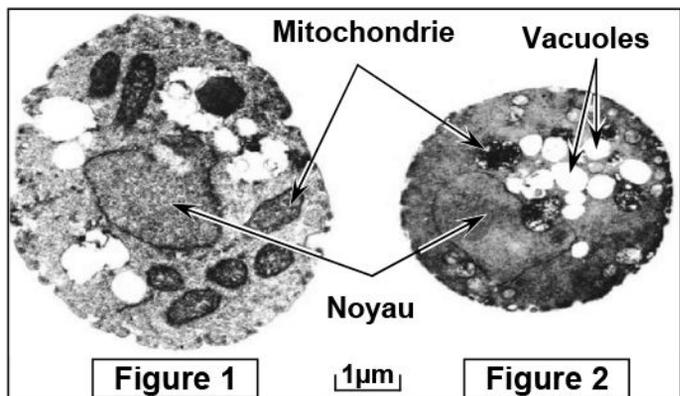
## Document 3: Localisation de la respiration et la fermentation dans la cellule.

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 :

	Poids de levures formées (g)	Glucose (g)		Test à l'alcool		
		Initial	Consommé	Début	Fin	
1) Indiquez les informations que l'on peut tirer de ces résultats.	Aérobie	1.970	150	150	-	-
	Anaérobie	0.255	150	45	-	+

On observe des cellules de levure cultivées sur un milieu nutritif riche en O<sub>2</sub> : milieu aérobiose, et sur un milieu nutritif dépourvu d'O<sub>2</sub> : milieu anaérobiose. Les schémas ci-contre, représentent les électronographies de cette observation.

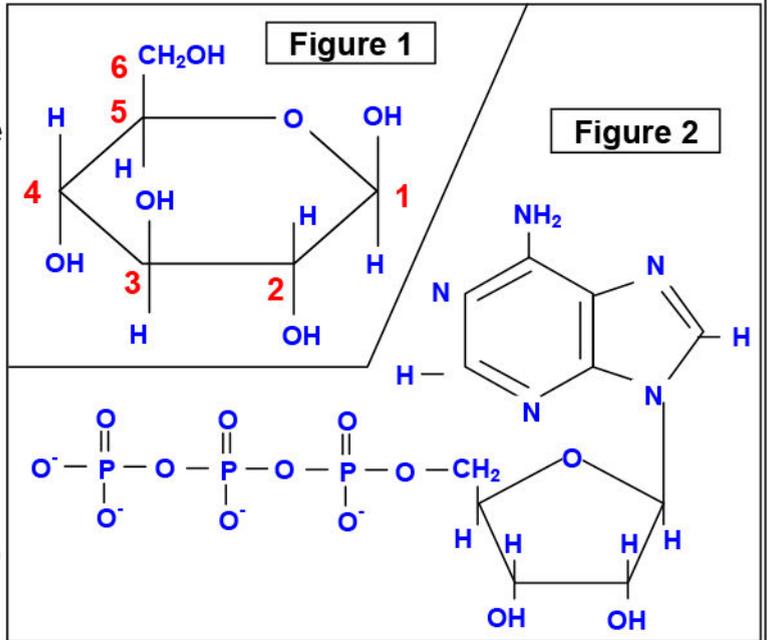
- 2) Comparez les deux cellules et déduisez la relation entre le type de métabolisme et la présence de mitochondries.



## 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.



## Document 5: Les étapes de la glycolyse:

L'utilisation du glucose marqué montre qu'après sa pénétration dans le hyaloplasme 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.

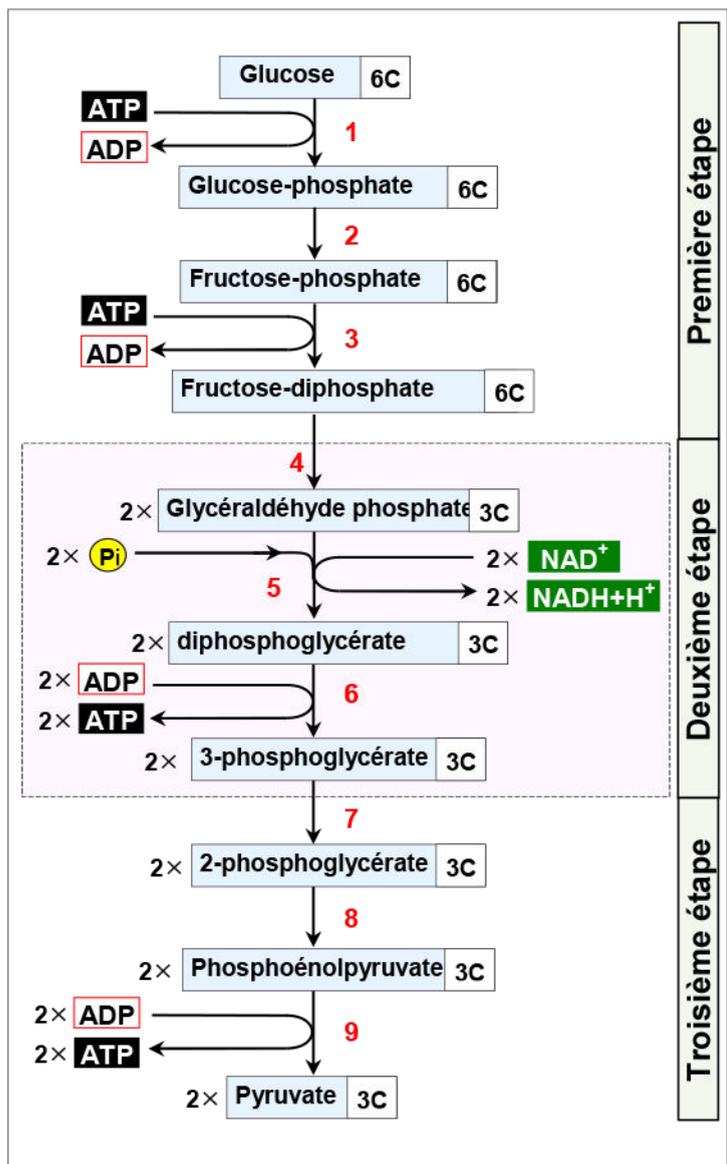
La glycolyse permet une production d'ATP en absence de dioxygène.

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



## 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.

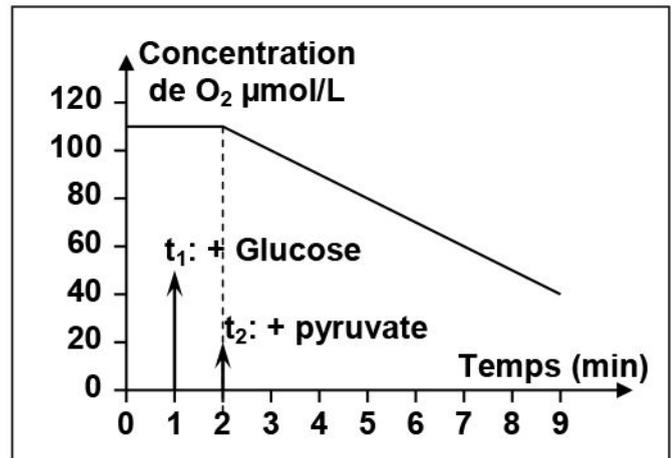
Au temps  $t_1$ , on ajoute une petite quantité de glucose.

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.



## 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).

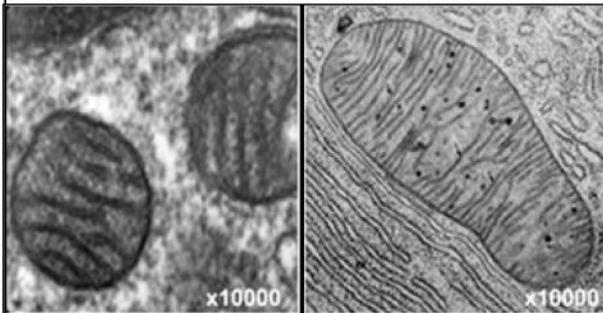


Figure 1

Figure 2

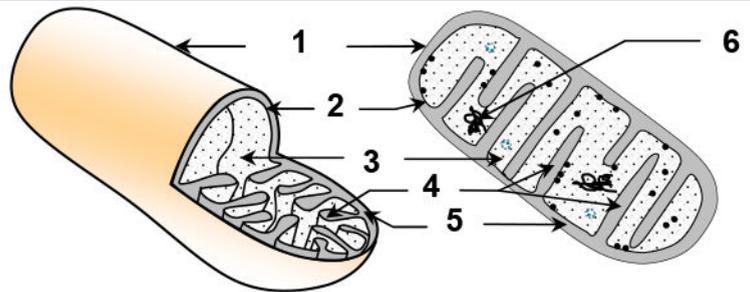
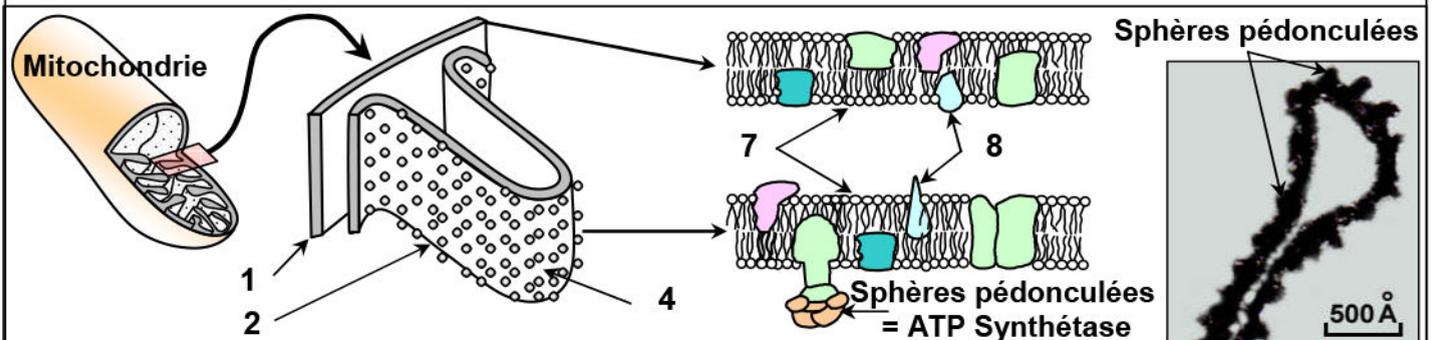


Figure 3

La figure ci-dessous présente une électrographie 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 suivant présente les résultats de l'analyse biochimique des différentes structures mitochondriales.

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

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

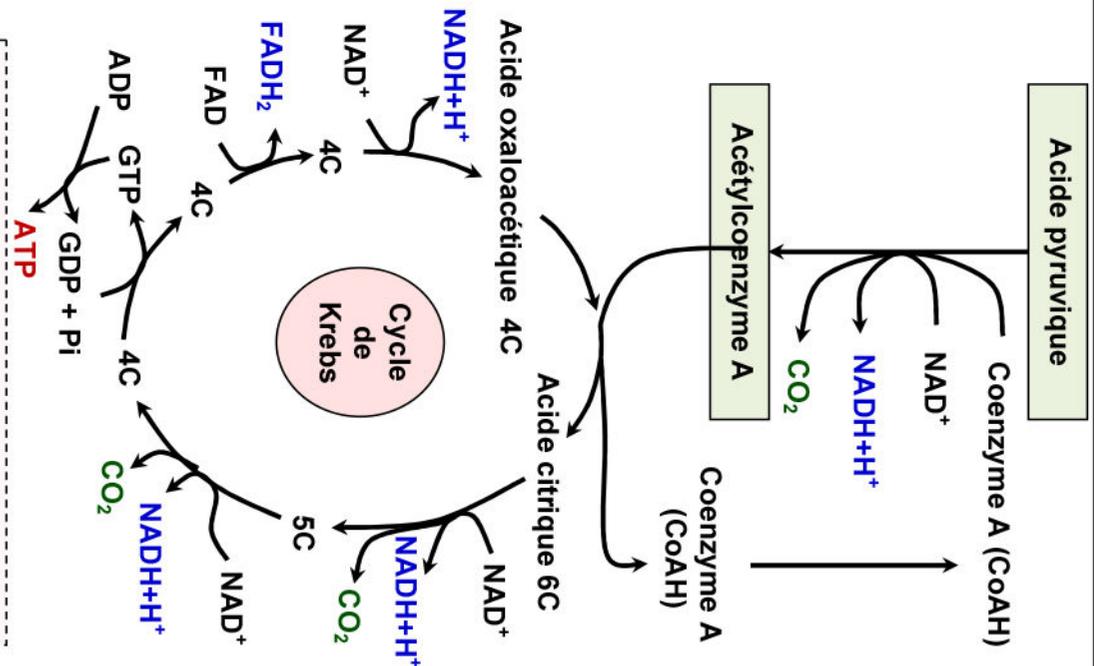
### Document 8: Oxydation du pyruvate dans la matrice.

- 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<sup>+</sup>: 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 ?

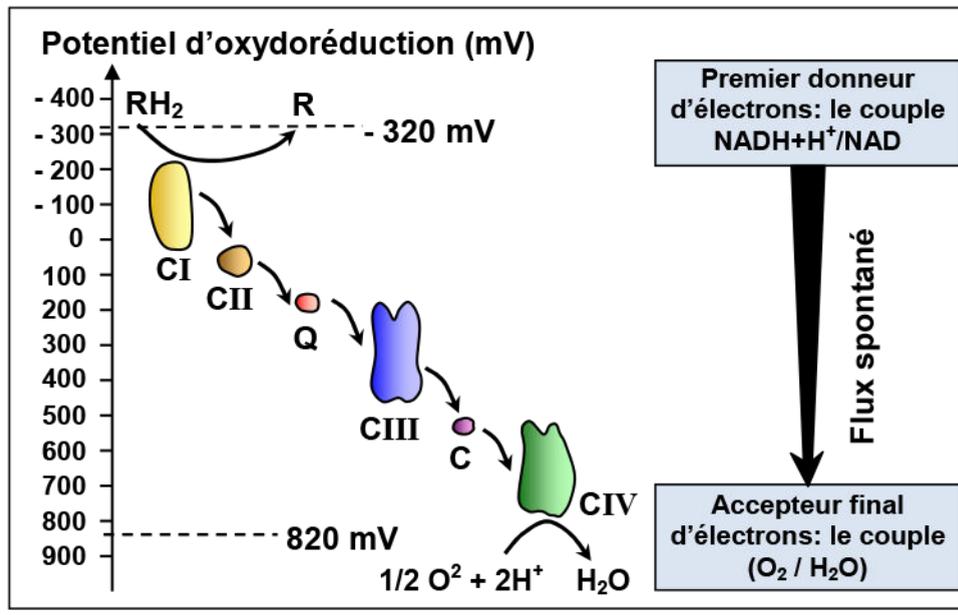
### Document 9: Notion de chaîne respiratoire.

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.

## Document 9 (suite): Notion de chaîne respiratoire.



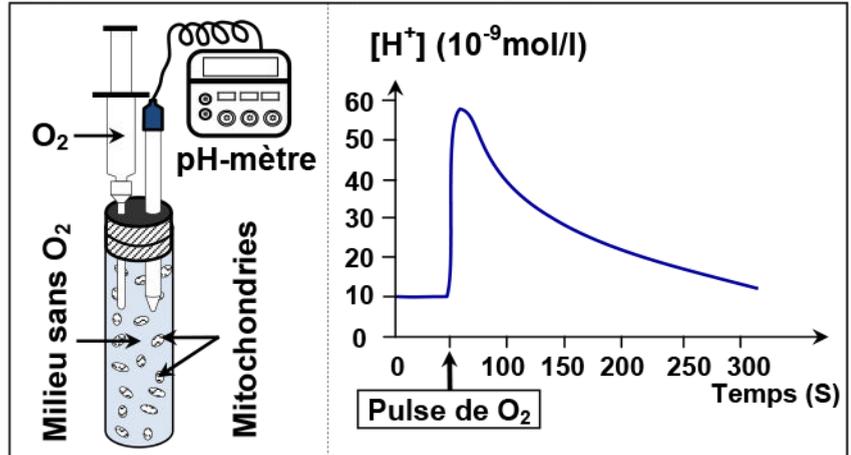
A partir des données de ce document :

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

## Document 10: Réduction du dioxygène et flux des protons $[\text{H}^+]$ .

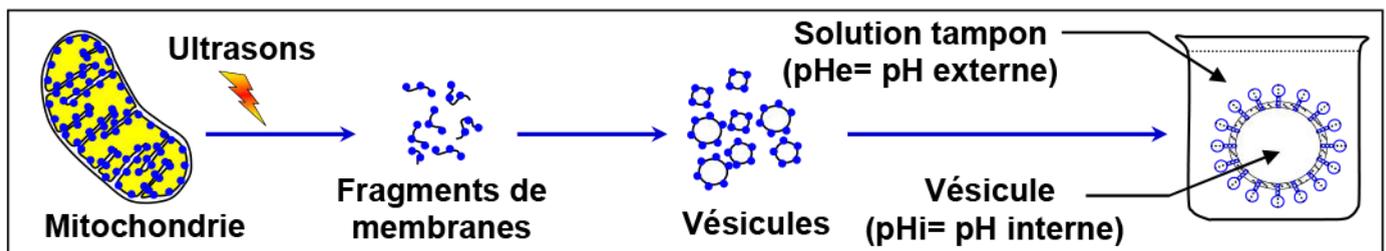
Une solution enrichie en mitochondries et en donneur d'électrons ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ) est contenue dans un milieu confiné dépourvu de dioxygène. En injectant une solution de  $\text{O}_2$  (Pulse), on étudie son influence sur la concentration en protons du milieu extérieur. On obtient la courbe ci-contre.

Analysez puis expliquez les résultats de cette l'expérience.



## 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).



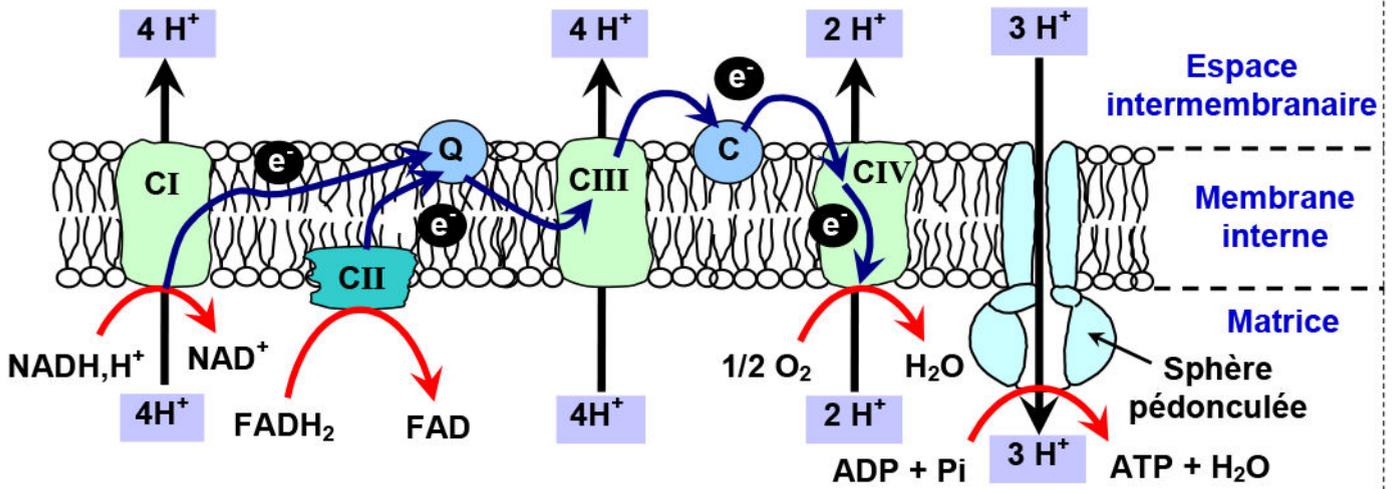
Les vésicules sont placées en présence d'ADP et  $\text{P}_i$  dans des solutions qui diffèrent par leur Ph, et on mesure la quantité d'atp synthétisé. Les résultats sont représentés par le tableau ci-dessous.

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
	pHi = 6	pHi = 7	pHi = 6
	pHe = 4	pHe = 7	pHe = 9
Synthèse d'ATP	Non	Non	Oui

A partir de l'analyse de ces résultats expérimentaux, identifiez les conditions permettant la synthèse d'ATP.

## Document 12: Chaîne respiratoire et phosphorylation oxydative .

La chaîne respiratoire est localisée dans la membrane interne mitochondriale.



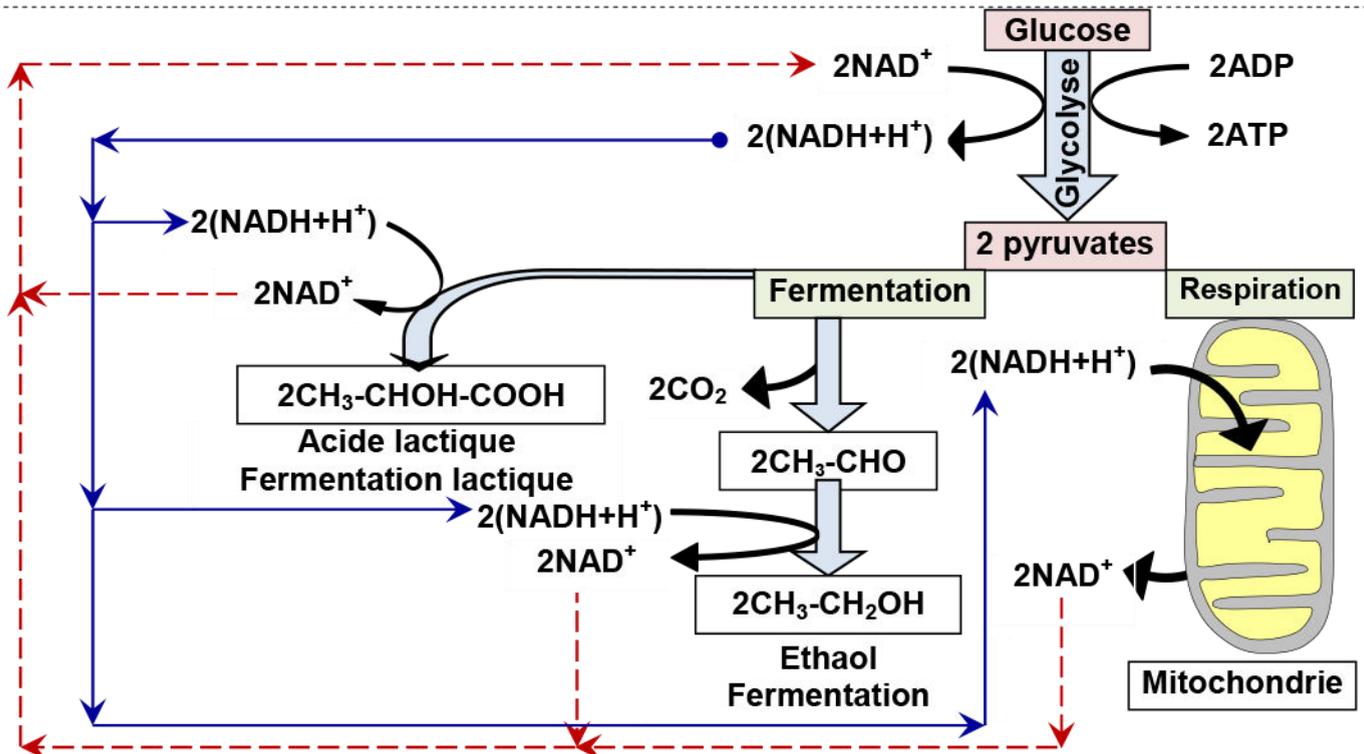
Cette chaîne de transport d'électrons est constituée de quatre complexes protéiques :

- ✓ Le complexe I, NADH-coenzyme Q oxydoréductase, agit sur  $\text{NADH, H}^+$  et permet le transport de 4 protons de la matrice mitochondriale à l'espace intermembranaire.
- ✓ Le complexe II, succinate-coenzyme Q oxydoréductase, agit sur  $\text{FADH}_2$  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.

## 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



Document 14 : schéma résumant les étapes de la respiration .

