



THEME 3B - Contraction musculaire et apport d'énergie

TP2 - La production d'ATP dans la cellule



La **contraction musculaire** correspond à un **travail mécanique** de raccourcissement qui nécessite l'apport d'énergie chimique sous la forme d'**ATP**. Notre organisme consommerait 50 kg d'ATP par jour alors qu'à un instant, sa quantité dans chaque cellule est de l'ordre du nanogramme. Les cellules doivent donc **produire de l'ATP en permanence** par des réactions du **catabolisme** : c'est la part du métabolisme qui dégrade la matière organique (glucose, pyruvate ...) pour produire l'énergie.

Problème : Comment les cellules produisent-elles l'ATP nécessaire aux travaux cellulaires ?

Matériel et données :

- Manuel BELIN p432 à 437 et Documents 1 à 4
- Matériel ExAO (sondes à O₂, pH, éthanol), suspension de levures, suspension de mitochondries isolées
- Réactifs : Glucose, pyruvate, acide cyanhydrique (empêche la production d'ATP)

Aides et supports :

- Fiche Protocole « La respiration cellulaire »
- Fiche technique Pasco Capstone
- Documents secours

Propositions d'activités	Capacités / Critères de réussite
<p><u>ACTIVITE : Etude de la respiration cellulaire au sein des mitochondries</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ETAPE 1 : Proposez une stratégie pour déterminer comment les cellules produisent de l'ATP au sein des mitochondries. 📞 Appelez le professeur pour vérification ➤ ETAPE 2 : Réalisez les manipulations proposées afin d'identifier les réactions mises en jeu au sein de la mitochondrie (éléments consommés et produits). 📞 Appelez le professeur pour vérification ➤ ETAPE 3 : Récapitulez vos résultats sous une forme judicieuse. ➤ ETAPE 4 : Rédigez un texte permettant de répondre à la problématique. <p>En fin de séance, <u>rangez le matériel</u> et <u>nettoyez la paillasse</u>.</p>	<p style="text-align: center;">Recenser, extraire des informations <i>Quoi ? Comment ? Attendu ?</i></p> <p style="text-align: center;">Manipuler (ExAO) <i>Travailler de façon organisée, préparer le matériel (seringues), prélever 1 mL sans bulle, manipulation raisonnée de la sonde O₂, injection raisonnée (doucement)</i></p> <p style="text-align: center;">Utiliser un logiciel (LatisBio) <i>Vérifier la détection convenable des sondes, Vérifier l'affichage correct des graphiques, Savoir paramétrer le temps d'acquisition, savoir démarrer l'acquisition (triangle bleu ou F10), savoir placer des marqueurs (F12), savoir modifier l'échelle des axes</i></p> <p style="text-align: center;">Présenter les résultats à l'écrit <i>Techniquement correct renseigné correctement, organisé pour répondre à la question</i></p> <p style="text-align: center;">Adopter une démarche explicative <i>On a vu que ... ; Or on sait que ... ; On conclut que (Donc) ...</i></p> <p style="text-align: center;">Gérer et organiser le poste de travail</p>

Fiche protocole « La respiration cellulaire : production d'ATP par la mitochondrie »

Matériel et protocoles d'utilisation du matériel

Matériel nécessaire :

- PC équipé du logiciel Pasco Capstone
- Sonde O₂ (sonde oxymétrique)
- Bioréacteur à 2 compartiments
- Eau glacée
- 3 seringues
- Solution de glucose 5%
- Solution de pyruvate (ou succinate) 20%
- Solution d'acide cyanhydrique (dizaine de feuilles de Laurier cerise broyées dans 50 mL d'eau).
- Suspension de mitochondries isolées à partir d'un fragment de muscle cardiaque (50 g de cœur de bœuf dans 100 mL de tampon phosphate-saccharose à pH 7)

Conseillé :

- Imprimante
- Fiche technique Pasco Capstone

FICHIERS SECOURS : Graphique obtenu

Sécurité (logo et signification)



Toxique

Précautions de manipulation



REALISATION DU MONTAGE ExAO

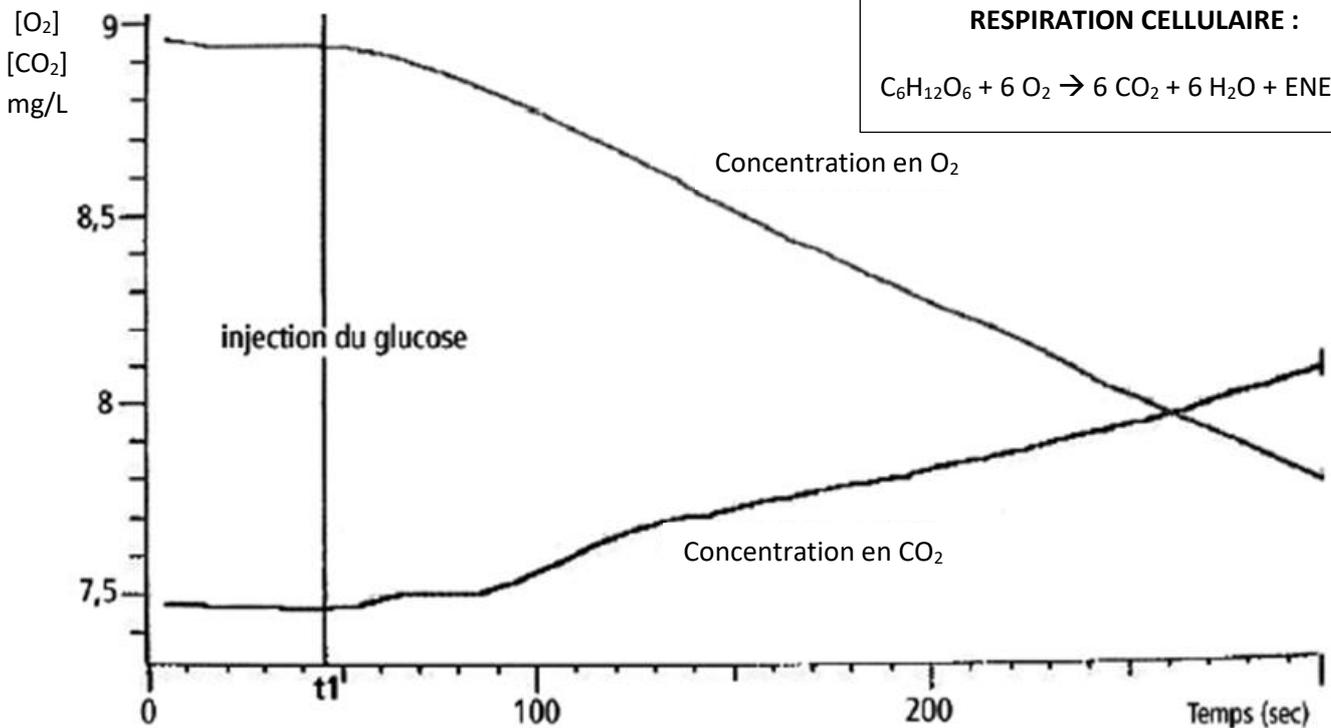
1. Placer de l'eau glacée dans le compartiment externe du bioréacteur
 2. Remplir le compartiment central avec la suspension de mitochondrie
 3. Démarrer l'agitateur magnétique puis fermer l'enceinte
 4. Mettre en place la sonde oxymétrique dans l'emplacement central
 5. Préparer les 3 seringues contenant respectivement :
 - 1 mL de glucose
 - 1 mL de pyruvate
 - 1 mL d'acide cyanhydrique
- ☎ Appelez le professeur pour vérification du montage

ACQUISITION DES DONNEES

1. Lancer le logiciel Capstone et choisir « Données du capteur »
 2. Vérifier que le capteur est bien reconnu dans « interface/réglages »
 3. Lancer l'acquisition
 4. Au temps 1 minute, injecter le glucose
 5. Au temps 2 minute, injecter le pyruvate
 6. Au temps 6 minute, injecter l'acide cyanhydrique
 7. En fin d'acquisition, moduler les valeurs de l'axe des ordonnées (avec un clic droit, ajuster l'échelle ou étirer les axes avec la souris).
- ☎ Appelez le professeur pour vérification du montage
8. Nettoyer le matériel (rinçage sonde et enceinte)
 9. Remettre le matériel en position de départ

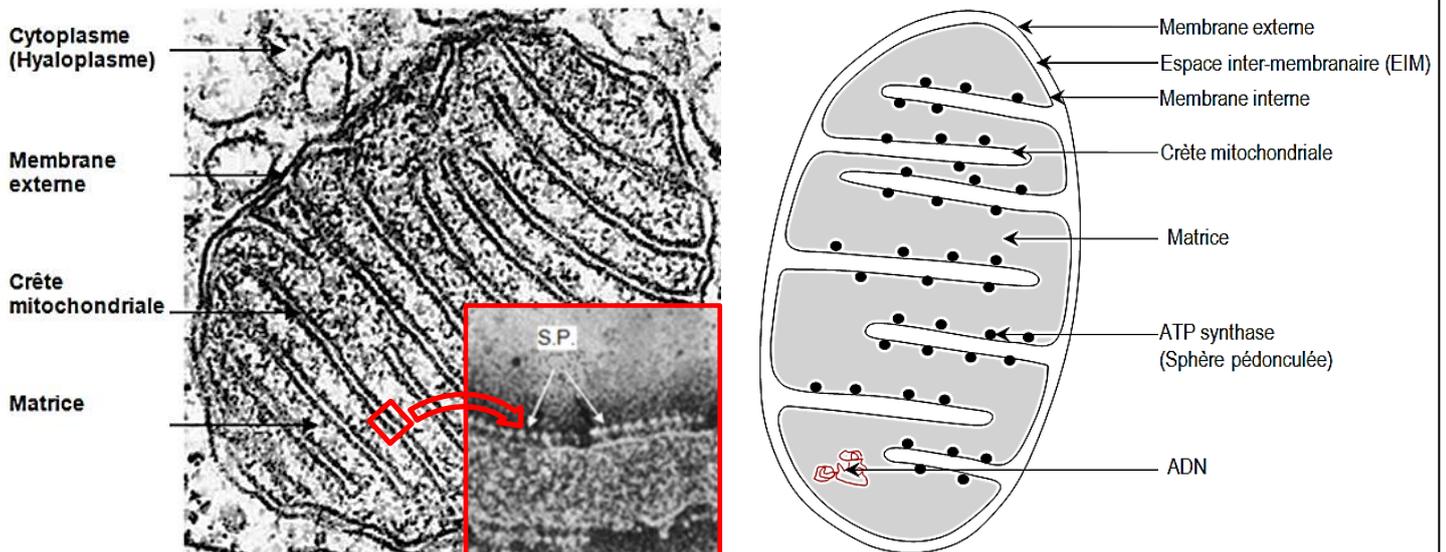
Document 1 : Echanges métaboliques réalisés par les levures

- On a étudié les échanges réalisés par des levures : ce sont des cellules eucaryotes (avec un noyau) et dont le métabolisme est **hétérotrophe** : elles doivent consommer de la matière organique pour survivre.
- Les levures consomment le **glucose (C₆H₁₂O₆)** mais aussi le **dioxygène (O₂)** et produisent du **dioxyde de carbone (CO₂)**. Ces échanges sont typiques de la **respiration cellulaire**.



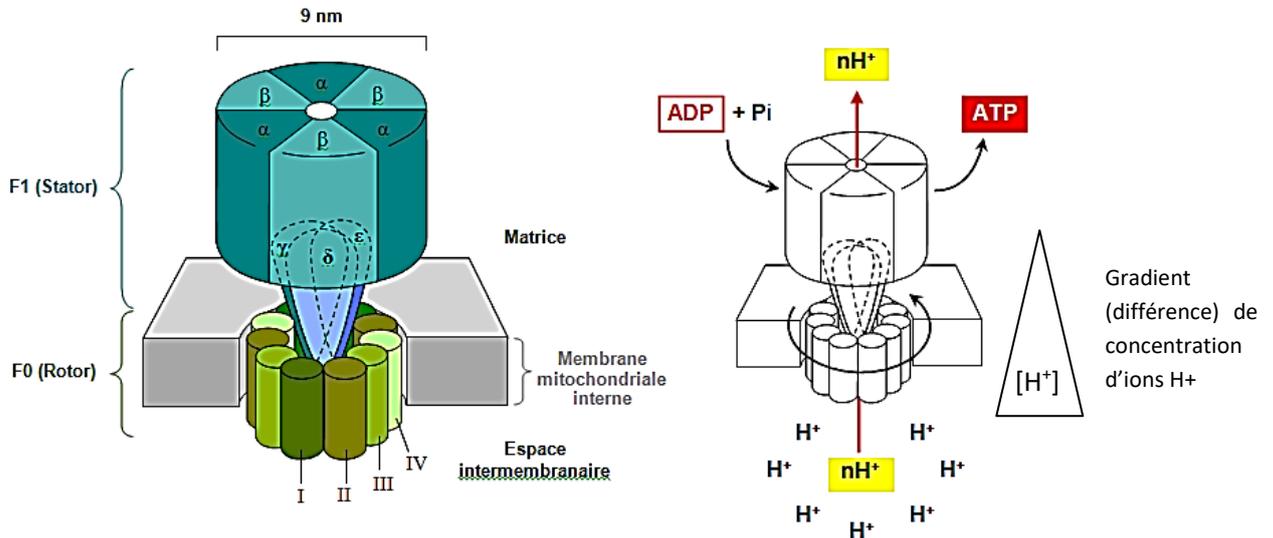
Document 2 : La mitochondrie, un organe producteur d'ATP

- La **mitochondrie** est un **organe semi-autonome** (présence d'ADN) d'une taille de l'ordre du micromètre (μm). Elle possède **2 membranes** (enveloppe) encadrant l'**espace inter-membranaire** et un compartiment central : la **matrice mitochondriale**.
- La **membrane interne** présente des invaginations appelées **crêtes mitochondriales**. Ces dernières sont recouvertes de structures granuleuses et sphériques appelées « **sphères pédonculées (SP)** ». L'analyse de ces sphères montre que ce sont des complexes enzymatiques permettant la production d'ATP : les **ATP synthases**.



Document 3 : Structure de l'ATP Synthase (Source : SVT ac-dijon)

- L'ATP synthase est un volumineux **complexe protéique** formé de 2 parties : le **stator** (bleu) qui est fiché dans la membrane de la crête mitochondriale et le **rotor** (vert) qui dépasse de la membrane, exposé vers la matrice mitochondriale.
- L'ATP synthase est également un **canal à ions H⁺**. Lorsque ceux-ci passent à travers le complexe, le rotor se met en mouvement (rotation). La sous-unité gamma va alors tourner au sein du stator et déforme les sous-unités alpha et bêta, ce qui **forme de l'ATP** à partir d'ADP + Pi (phosphate inorganique).

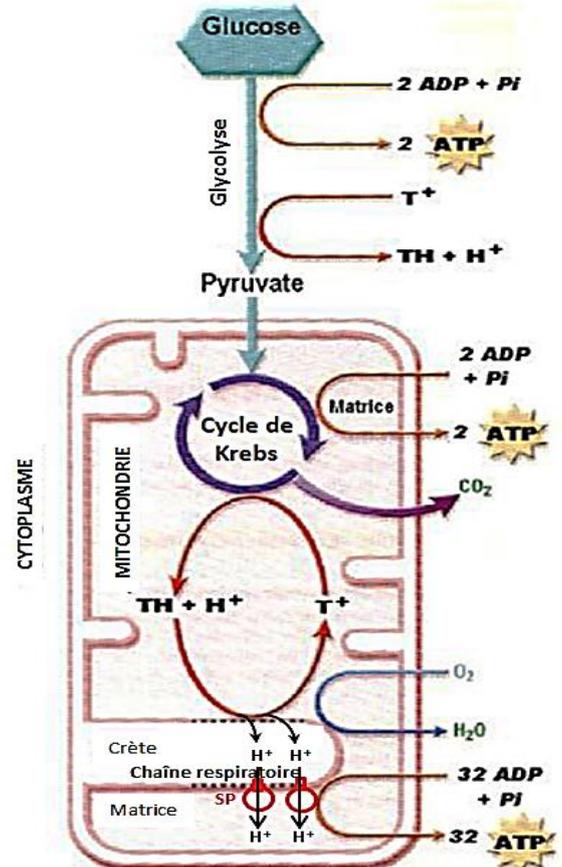


Remarque :
Les ATP synthases des chloroplastes sont constituées de la même manière mais on nomme les sous-unités CF0 et CF1 (C pour Chloroplaste).

Synthèse d'ATP
Le rotor agit comme un moteur moléculaire : lorsque la sous-unité gamma (γ) tourne dans le stator (α et β), celui-ci se déforme et permet la transformation de l'ADP et Pi en ATP.

Document 4 : Le métabolisme du glucose : glycolyse et respiration mitochondriale

- Le glucose est dégradé dans le cytoplasme par la **glycolyse** : c'est une suite de 10 réactions et formant du **pyruvate** (acide pyruvique). Cet ensemble de réactions produit **2 ATP** et **2 R'H₂** (pouvoir réducteur).
- Le pyruvate est ensuite importé dans la mitochondrie dans laquelle le pyruvate va être clivé (coupé) par des réactions de **décarboxylations oxydatives** (élimination de la fonction carboxyle : COOH) : c'est le **cycle de Krebs**. Cette réaction produit **2 ATP** et **10 R'H₂** ainsi que du CO₂.
- Enfin, le pouvoir réducteur (12 R'H₂) va être utilisé au niveau de la crête mitochondriale dans la **chaîne respiratoire**. Celle-ci est composée d'un ensemble de **transporteurs d'ions H⁺ et électrons**. Elle permet de réduire O₂ en H₂O et dans le même temps, une partie des ions H⁺ est importée à l'intérieur de la crête mitochondriale. Cela contribue à la formation d'ATP via l'**ATP synthase**. Cette production d'ATP est très importante : **32 ATP**. Au total, l'oxydation du glucose produit donc **36 ATP**.



SP = Sphères pédonculées (ATP Synthase)

T+ = NAD⁺ (oxydé) / TH+H₂ = NADH, H⁺ (réduit)

Sources :

<https://svt.enseigne.ac-lyon.fr/spip/?Respiration-mitochondriale-resultats-EXAO>