

Contrôle 1 Energie et cellules vivantes (Réf.01 et Réf.02) TS Spé SVT
Métabolisme énergétique et bioluminescence



Le Lampyre est un insecte capable d'émettre une lumière : ce phénomène se nomme la bioluminescence. La femelle garde toute sa vie un aspect larvaire d'où le nom de ver luisant parfois utilisé pour désigner le Lampyre. Ces signaux lumineux servent notamment à la parade amoureuse.

- **A partir de l'étude des documents mise en relation avec vos connaissances, montrez que l'ATP intervient dans ce phénomène et comment il est produit dans la cellule.**

Document 1 : Expériences de bioluminescence réalisées in vitro

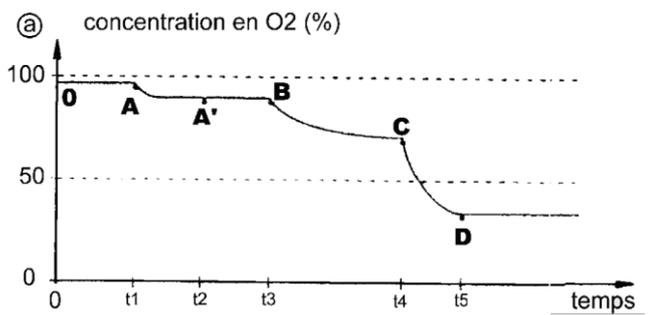
La luciférine et la luciférase (enzyme) sont présentes dans le cytoplasme des cellules du lampyre. Le dioxygène intervient dans une réaction d'oxydation de la luciférine, réaction catalysée par la luciférase. On peut résumer la réaction de la façon suivante :



Tubes	Contenus des tubes	Résultats
1	Luciférine + ATP + luciférase	Aucune lumière produite
2	Luciférine + O ₂ + luciférase	Aucune lumière produite
3	Luciférine + ATP + O ₂ + luciférase	Emission d'une lumière

Document 2 : consommation de dioxygène par des mitochondries isolées

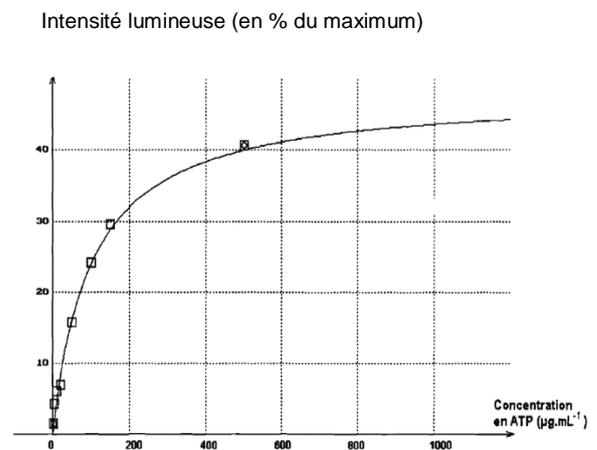
Des mitochondries sont isolées à partir de cellules animales. A l'aide d'un système ExAO (expérimentation assistée par ordinateur), on suit la concentration en dioxygène du milieu dans les conditions expérimentales suivantes :



- t₁ : addition d'une suspension de mitochondries
- t₂ : addition de glucose
- t₃ : addition de pyruvate
- t₄ : addition d'ADP + Pi
- t₅ : addition de cyanure (le cyanure bloque la chaîne respiratoire)

Document 3 : intensité lumineuse (IL) en fonction de la concentration en ATP du milieu (μg.mL⁻¹)

Un extrait d'abdomen de Lampyre est placé en présence de dioxygène. On mesure l'intensité lumineuse selon la concentration d'ATP du milieu.



Eléments de corrigé

<p>Introduction</p> <p>L'ATP est indispensable à la vie de toutes les cellules. Cette molécule est un intermédiaire énergétique : sa synthèse est le résultat de conversion énergétique et nécessite un apport d'énergie. Les phénomènes de bioluminescence observés chez certains organismes comme le Lampyre nécessitent la présence d'ATP.</p> <p>Nous cherchons à montrer d'une part comment l'ATP intervient dans ce phénomène et d'autre part comment l'ATP est produit dans les cellules de Lampyre.</p>	
<p><u>Le document 1</u> présente les résultats d'expérience de bioluminescence réalisées in vitro.</p> <p>Dans les trois tubes, on met en présence de la luciférine et de la luciférase. Dans les tubes 1 et 2, on ne fait varier qu'un seul paramètre : soit on ajoute de l'ATP, soit on ajoute du dioxygène. Mais on observe qu'il n'y a émission de lumière que dans le tube 3 avec les conditions réunissant la présence de luciférine, d'ATP, d'O₂ et de luciférase.</p> <ul style="list-style-type: none">➤ La seule différence entre les tubes 2 et 3 résidant dans la présence d'ATP dans le tube 3, on peut en déduire que l'ATP est indispensable pour que les réactions aboutissant à l'émission de lumière aient lieu. Ce résultat confirme l'équation simplifiée, la transformation de luciférine consomme de l'ATP.➤ De même la comparaison des conditions expérimentales des tubes 1 et 3 indique que le dioxygène est aussi indispensable. La luciférase est l'enzyme qui catalyse une réaction d'oxydation de la luciférine qui s'accompagne d'émission de lumière : on peut en déduire qu'il y a conversion d'énergie chimique en énergie lumineuse. Au cours de cette réaction du dioxygène est consommé.	
<p><u>Le document 2</u> présente des résultats permettant de montrer dans quelles conditions une suspension de mitochondries respirent. On mesure pour cela l'évolution de la concentration en dioxygène dans la suspension dans différentes conditions, ce qui permet d'évaluer l'intensité de la respiration des mitochondries.</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Dans un premier temps, de t₀ à t₁, la concentration en O₂ reste constante. Puis, on ajoute les mitochondries à t₁ et on observe une légère baisse de la concentration en O₂ qui se stabilise rapidement. Les mitochondries ont consommé un peu de dioxygène puis ne respirent plus. On en déduit que les mitochondries, après avoir oxydé et épuisé probablement leur réserve en molécule organiques, cessent de respirer.➤ On observe le même résultat après ajout de glucose à t₂, la concentration en O₂ reste stable à 90% du % initial. On en déduit que les mitochondries ne sont pas capables d'utiliser le glucose comme substrat pour leur respiration.➤ L'ajout de pyruvate à t₂ entraîne une baisse de la concentration de O₂ avec environ une consommation de 25% de O₂, ce qui indique que les mitochondries utilisent le pyruvate comme substrat respiratoire.<ul style="list-style-type: none">⇒ On sait en effet que le pyruvate va subir un ensemble de transformation dans la matrice des mitochondries au cours du cycle de Krebs. L'oxydation du pyruvate va permettre la formation d'ATP mais aussi de composés réduits RH₂ qui vont alimenter en électrons et en protons la chaîne respiratoire.➤ L'injection d'ADP et de phosphate inorganique à t₄ entraîne une chute rapide de la concentration en O₂, avec environ une consommation de 40% de O₂. On en déduit une augmentation de l'activité respiratoire des mitochondries et aussi que les mitochondries consomment de l'ADP et du Pi. Ces deux molécules vont permettre la synthèse d'ATP.➤ Enfin, après l'ajout de cyanure en t₅ le % de O₂ reste constant. Le cyanure entraîne donc un arrêt de la consommation en O₂ en bloquant la chaîne respiratoire. Si la chaîne respiratoire est bloquée, le transfert d'électrons et de protons cessent et le dioxygène, accepteur final, n'est pas réduit donc n'est pas consommé.<ul style="list-style-type: none">⇒ Ce document permet de montrer en partie comment les mitochondries des cellules de lampyre se fournissent en énergie. Elles oxydent du pyruvate au cours du cycle de Krebs qui fournit la chaîne respiratoire en électrons et protons. L'accepteur final d'électrons et de protons est le dioxygène. Au cours de ces processus d'oxydo-réduction, de l'ADP et du Pi est consommé pour fournir de l'ATP. Les réactions mitochondriales fournissent l'énergie nécessaire à cette synthèse.	
<p><u>Le document 3</u> montre l'évolution de l'intensité lumineuse produite par des cellules de lampyre en fonction de la concentration en ATP et en présence de dioxygène.</p> <ul style="list-style-type: none">➤ On observe que l'intensité lumineuse augmente avec la concentration d'ATP. L'intensité lumineuse atteint environ 33% du maximum pour une concentration en ATP de 200 µg/mL. On en déduit que l'ATP fournit l'énergie nécessaire à la production de lumière.	

- D'autre part, à partir d'une concentration en ATP de 800 µg/mL, l'intensité lumineuse atteint un maximum. On en déduit que les cellules de Lampyre sont au maximum de leur production de lumière. *(aucun élément de connaissance actuelle à cette époque de l'année ne vous permet d'aller au-delà de cette interprétation ; le palier s'explique par une saturation des enzymes qui sont au maximum de leur activité).*

Synthèse :

Le phénomène de bioluminescence observé chez les lampyres se déroule en présence de dioxygène (doc.1). Le O₂ est consommé afin d'oxyder les molécules de luciférine (doc.1). Cette réaction déclenche l'émission de lumière, c'est le phénomène de bioluminescence. Cependant, la présence d'ATP est également indispensable pour que cette réaction se réalise (doc.1). L'hydrolyse de l'ATP est exoénergétique et fournit l'énergie nécessaire à cette réaction. Ainsi, plus la quantité d'ATP est importante, plus l'intensité lumineuse est élevée (doc.3).

Pour que le phénomène de bioluminescence se poursuive, il faut donc que l'ATP soit renouvelé. La consommation de O₂ par des mitochondries de cellules de Lampyre montre que le substrat utilisé lors de la respiration mitochondriale est du pyruvate (doc.2). L'oxydation du pyruvate (provenant de la dégradation du glucose dans le hyaloplasme par glycolyse) dans les mitochondries est couplée à la synthèse d'ATP. Le pyruvate est dégradé au cours du cycle de Krebs qui fournit des molécules réduites RH₂. Ces molécules alimentent la chaîne respiratoire en électrons et protons et le dioxygène est l'accepteur final. Ces réactions d'oxydo-réduction fournissent l'énergie nécessaire à la synthèse d'ATP à partir d'ADP et de Pi qui sont consommés (doc.3). L'ATP est ainsi renouvelé lors de la respiration cellulaire.

(Remarque : le dioxygène est donc utilisé d'une part lors du phénomène de bioluminescence et d'autre part lors de la respiration cellulaire.)