Corrigé et barème – ATP : origine de l'énergie de la contraction

Hydrolyse de l'ATP et régénération par la phosphocréatine ; glycolyse, cycle de Krebs et chaîne respiratoire localisés dans la cellule ; fermentation lactique ; rendement des deux voies ; part de chaque voie selon l'effort, fibres, entraînement, oxygénation et récupération ; un produit dopant, les stéroïdes anabolisants.

Durée : 120 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Spe-svt Terminale

Exercice 1 – Mobiliser ses connaissances : le sprint final d'une étape ★★ *(6 pts)*

a) L'hydrolyse de l'ATP ($ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi$) fournit l'énergie des cycles des têtes de myosine et du repompage du Ca^{2+}. Il n'y a **pas de stockage** de l'ATP : la petite quantité présente ne couvre que quelques secondes, il doit être **régénéré en permanence**. Dans les premières secondes, la **phosphocréatine** le reforme en une seule réaction : phosphocréatine + ADP → créatine + ATP. (1,5)

b) Attendu : une cellule dont le **cytosol** porte la glycolyse (glucose → 2 pyruvate, + 2 ATP, + 2 $NADH,H^+$) ; une mitochondrie dessinée avec deux membranes ; dans la **matrice**, le cycle de Krebs (entrée : pyruvate ; sorties : CO_2, $NADH,H^+$, ATP) ; sur la **membrane interne** (crêtes), la chaîne respiratoire (entrées : $NADH,H^+$, O_2 ; sorties : NAD^+, H_2O, l'essentiel de l'ATP). Titre et légendes ; on accepte $FADH_2$ en plus de $NADH,H^+$. (1,5)

c) Pendant un effort intense, la glycolyse produit plus de pyruvate que les mitochondries ne peuvent en oxyder : le pyruvate en excès est **réduit en lactate**, ce qui régénère le NAD^+ et permet à la glycolyse de continuer (fermentation lactique, dans le cytosol, même en présence de O_2). Elle ne rapporte que **2 ATP par glucose** contre environ 36 : pour le même débit d'ATP, elle consomme 18 fois plus de glucose et épuise vite le glycogène ; l'acidification qui l'accompagne contribue aussi à la fatigue. (1,5)

d) Dérivés de la testostérone, les stéroïdes anabolisants stimulent la **synthèse des protéines** des fibres, qui grossissent (hypertrophie) : la masse et la force augmentent. Risques (trois parmi) : atteintes du **cœur** et des vaisseaux (hypertension, infarctus, AVC), du **foie** et des reins, acné sévère, chez la femme pilosité du visage, voix plus grave et cycle perturbé, troubles de l'humeur et dépendance, transmission du VIH ou des hépatites par les injections. Ce sont des produits dopants interdits. (1,5)

Attention — Un schéma de localisation se juge sur les compartiments : glycolyse dans le cytosol, CO_2 dans la matrice, O_2 consommé sur la membrane interne.

Exercice 2 – Des cellules musculaires privées de dioxygène ★★★ *(6 pts)*

a) Normoxie : forte consommation de O_2, très peu de lactate → **respiration** dominante. Hypoxie : presque pas de O_2 consommé, production massive de lactate → **fermentation lactique** dominante. Respiration : $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$. Fermentation lactique : $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_3H_6O_3$. (1,5)

b) Glucose respiré : 6 O_2 par glucose, donc $42{,}0 \div 6 = 7{,}0$ nmol·min^{-1}. Glucose fermenté : 2 lactates par glucose, donc $1{,}0 \div 2 = 0{,}5$ nmol·min^{-1}. Total : $7{,}0 + 0{,}5 =$ **7,5 nmol·min^{-1}**, égal au glucose consommé. (1,5)

c) Normoxie : $7{,}0 \times 36 + 0{,}5 \times 2 = 252 + 1 =$ **253 nmol d'ATP par minute**. Hypoxie : glucose respiré $2{,}4 \div 6 = 0{,}4$ et fermenté $57{,}0 \div 2 = 28{,}5$ (total 28,9) ; $0{,}4 \times 36 + 28{,}5 \times 2 = 14{,}4 + 57 =$ **71,4 nmol par minute**. L'hypoxie consomme près de 4 fois plus de glucose (28,9 contre 7,5) mais régénère environ 3,5 fois moins d'ATP (253 contre 71,4). (1,5)

d) Sans dioxygène, la chaîne respiratoire ne réoxyde plus les NADH,H$^+$ et le cycle de Krebs s'arrête faute de NAD$^+$. La **réduction du pyruvate en lactate** régénère le NAD$^+$, ce qui permet à la glycolyse de continuer. Chaque glucose ne rapportant alors que 2 ATP, les cellules **accélèrent la glycolyse** pour compenser en partie : elles consomment plus de glucose. (1,5)

Méthode — Pour passer des échanges aux voies, on divise par les coefficients des bilans : 6 O_2 par glucose respiré, 2 lactates par glucose fermenté.

Exercice 3 – Fibres lentes, fibres rapides et entraînement ★★★ *(8 pts)*

a) Type I : citrate synthase environ 3,5 fois plus active ($46 \div 13 \approx 3{,}5$) → **respiration** dominante. Type II : lactate déshydrogénase environ 3,4 fois plus active ($370 \div 110 \approx 3{,}4$) → **fermentation lactique** dominante. (2)

b) Les fibres I respirent : environ 36 ATP par glucose, oxydation possible des acides gras, peu de lactate, d'où plus d'une heure sans fatigue. Les fibres II fermentent beaucoup : 2 ATP par glucose, glycogène vite épuisé et acidification, d'où une fatigue en 90 s environ. (2)

c) La lactatémie est divisée par 2 ($4{,}8 \div 2{,}4 = 2$), soit une baisse de **50 %**. Avec 35 % de mitochondries en plus, la capacité de respiration augmente : à la même vitesse, davantage de pyruvate est oxydé et les NADH,H$^+$ sont réoxydés par la chaîne respiratoire, donc moins de pyruvate est réduit en lactate. La fatigue est retardée. (2)

d) Faux : les fibres rapides possèdent des mitochondries, en moins grand nombre, et **respirent aussi** ; elles réalisent seulement une plus grande part de fermentation lactique. Les voies fonctionnent simultanément ; la glycolyse leur est commune. (2)

Le point clé — Une enzyme caractéristique d'une voie très active signale la voie dominante, pas la seule voie : toutes les fibres respirent et fermentent, dans des proportions différentes.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).