

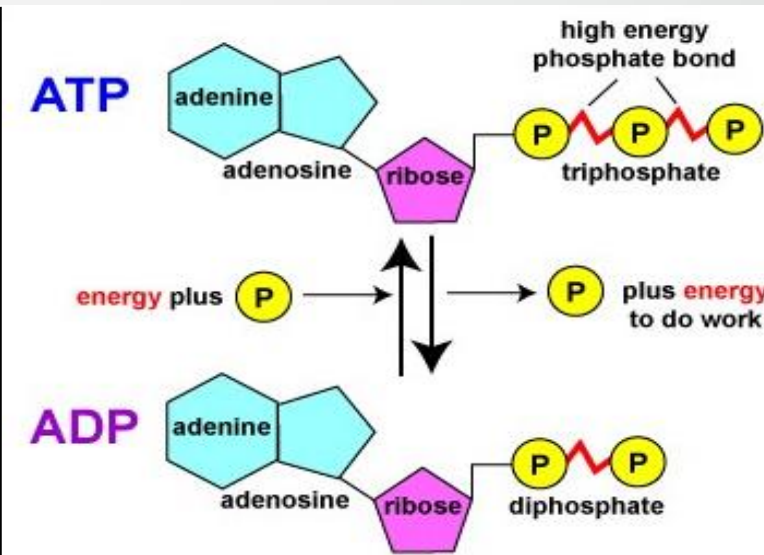
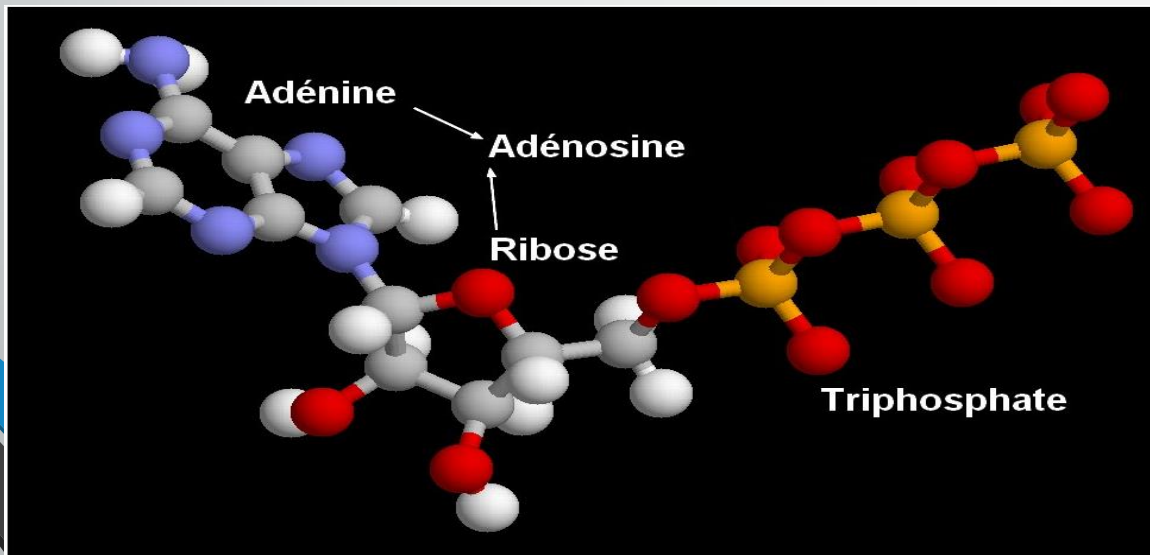


Chapitre 3. L'ATP, une molécule indispensable à la vie cellulaire

- L'adénosine triphosphate (ATP) est la principale forme d'énergie utilisée par les cellules chez tous les organismes vivants. L'ATP est un nucléotide d'ARN sur lequel sont ajoutés deux groupements phosphate. Il contient donc une adénine, un ribose et trois groupements phosphate.

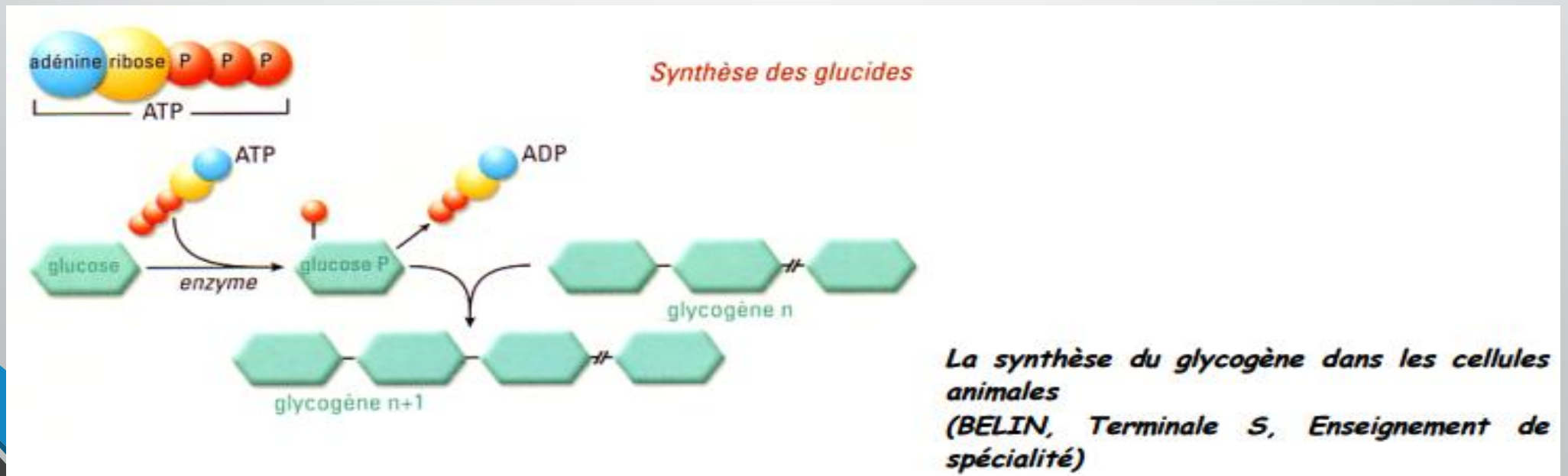
L'hydrolyse de l'ATP en ADP + Pi est une réaction libérant de l'énergie (30.5Kj.Mol)

- **Problème : Comment les cellules utilisent-elles cette énergie ?**

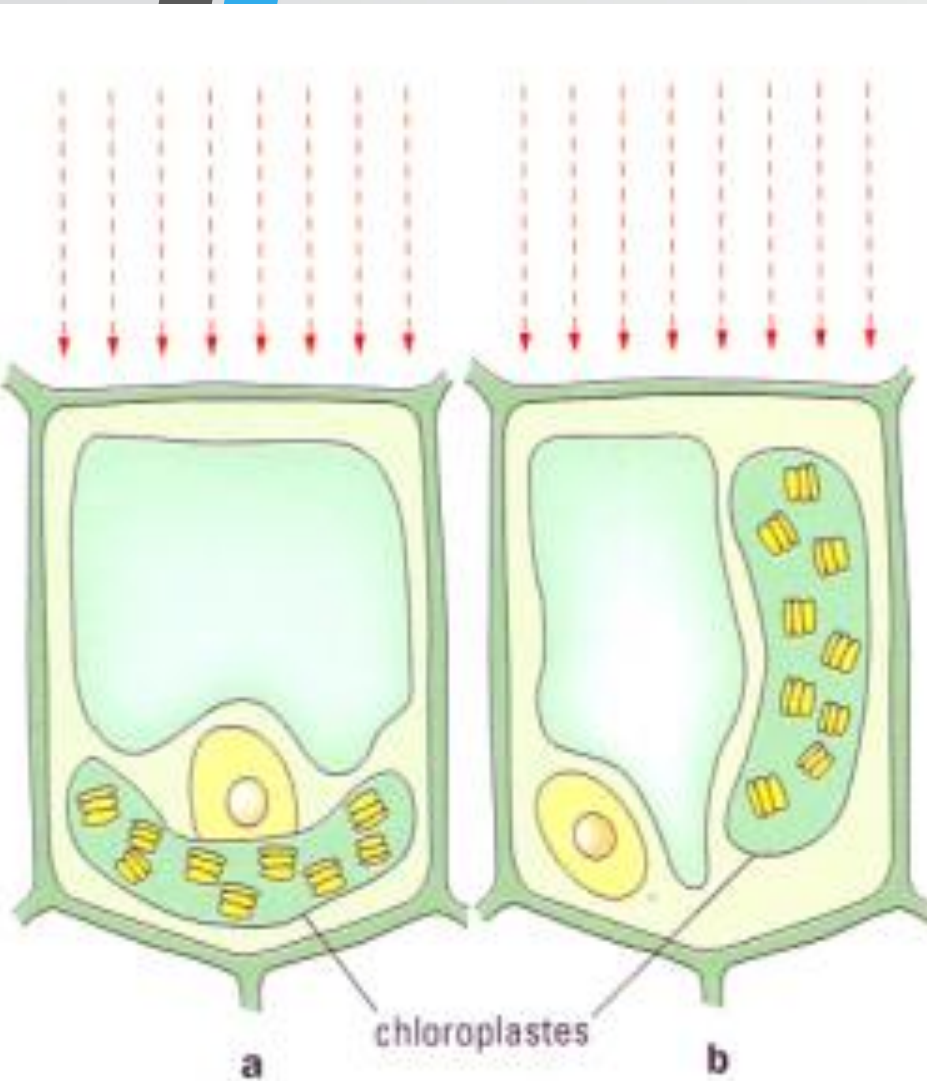


I. L'utilisation de l'ATP par les cellules pour la synthèse de molécules organiques

- À l'exception du chloroplaste qui effectue des synthèses à partir du carbone minéral, les activités des cellules animales et végétales se traduisent par des synthèses à partir de molécules organiques préexistantes. Par exemple, la synthèse du glycogène nécessite de l'ATP.



II. L'utilisation de l'ATP par les cellules pour la réalisation de mouvements par les cellules végétales



- Il est possible d'observer la circulation des chloroplastes le long de la membrane plasmique d'une cellule végétale. Ce mouvement qui nécessite l'hydrolyse de molécules d'ATP s'appelle la cyclose.
- Ce phénomène peut être mis en évidence avec **du cyanure**. Il bloque le mouvement des chloroplastes car le cyanure est un poison de la respiration. Il n'y a pas d'ATP produit, cela empêche le mouvement. Cela montre bien que les dépenses énergétiques sont en grande partie liées au métabolisme respiratoire.

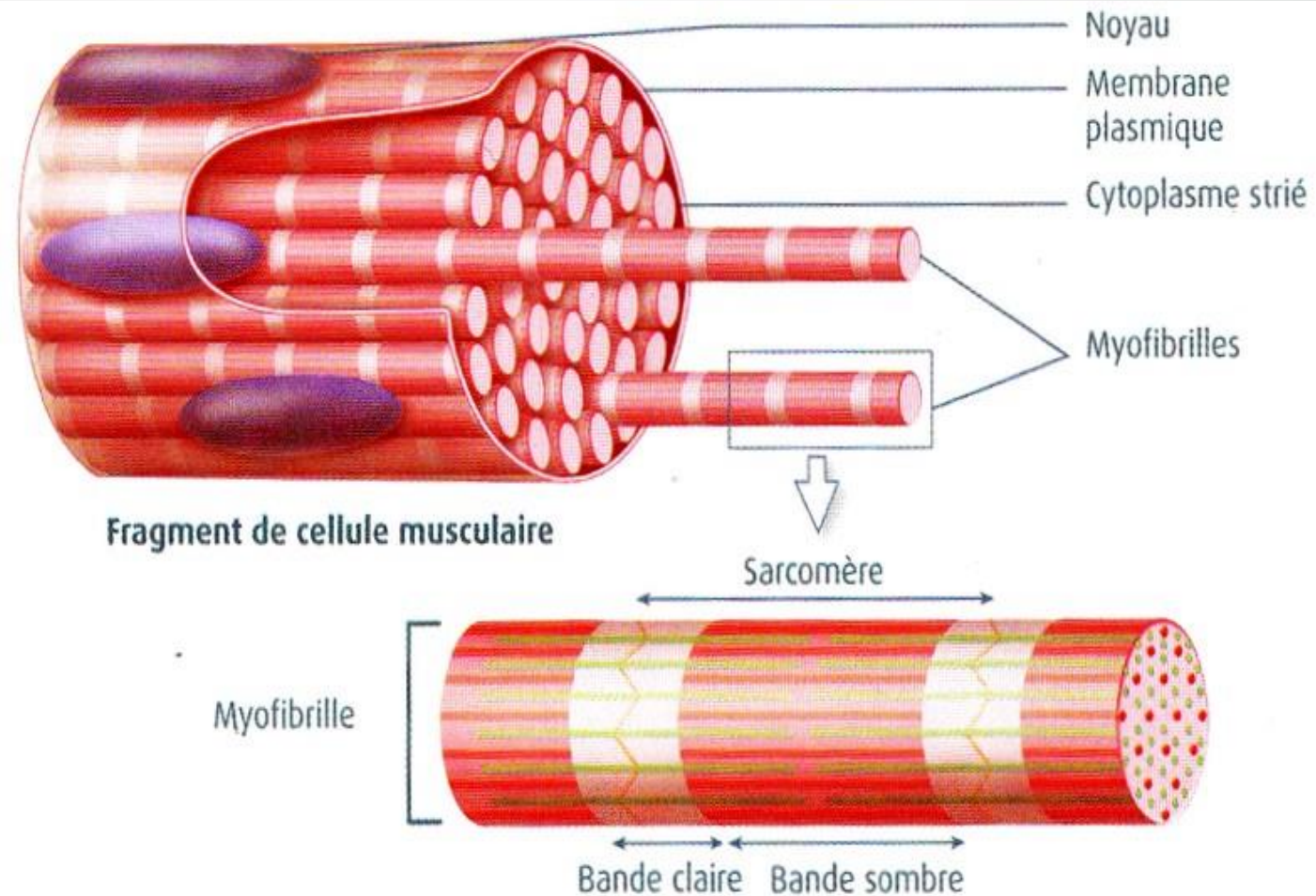
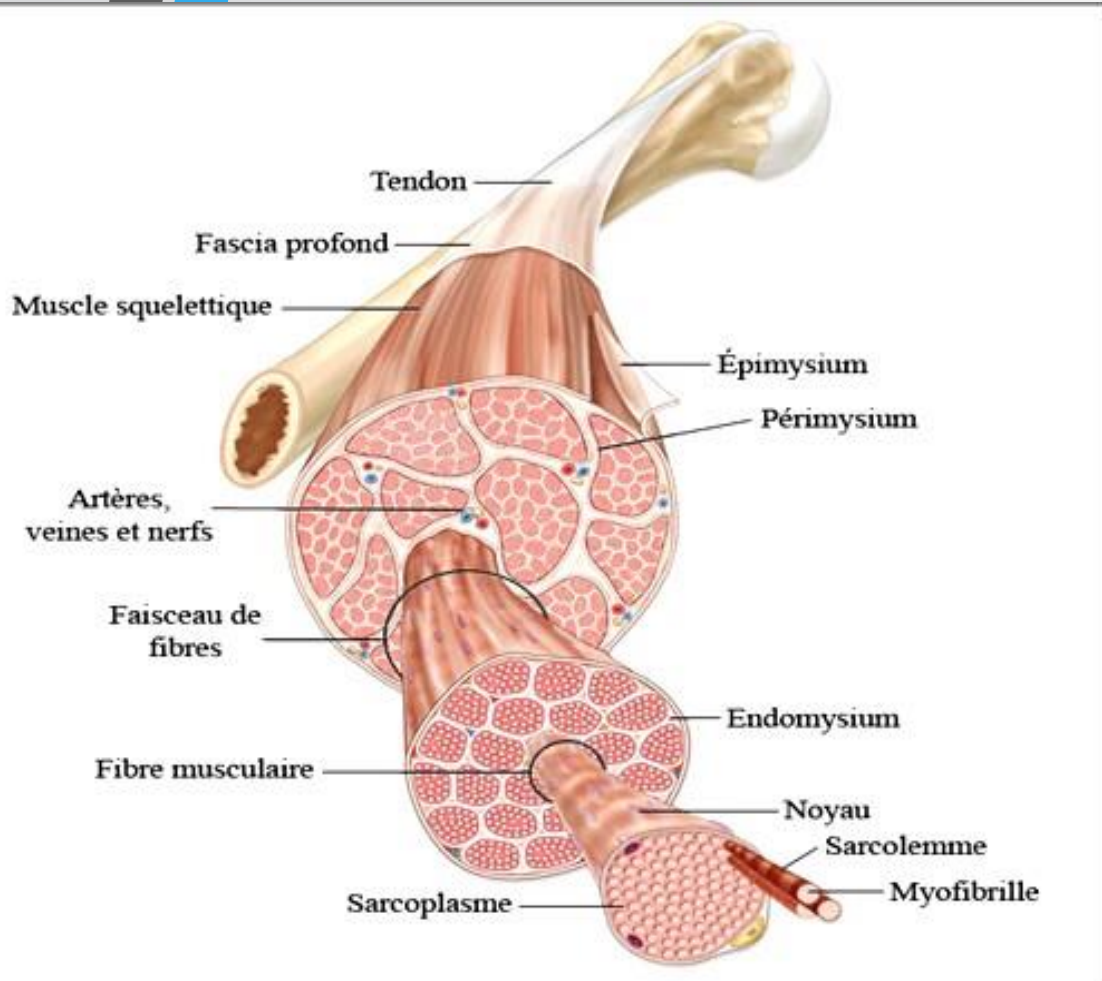
III. L'utilisation de l'ATP par les cellules pour la réalisation de mouvements par les cellules animales

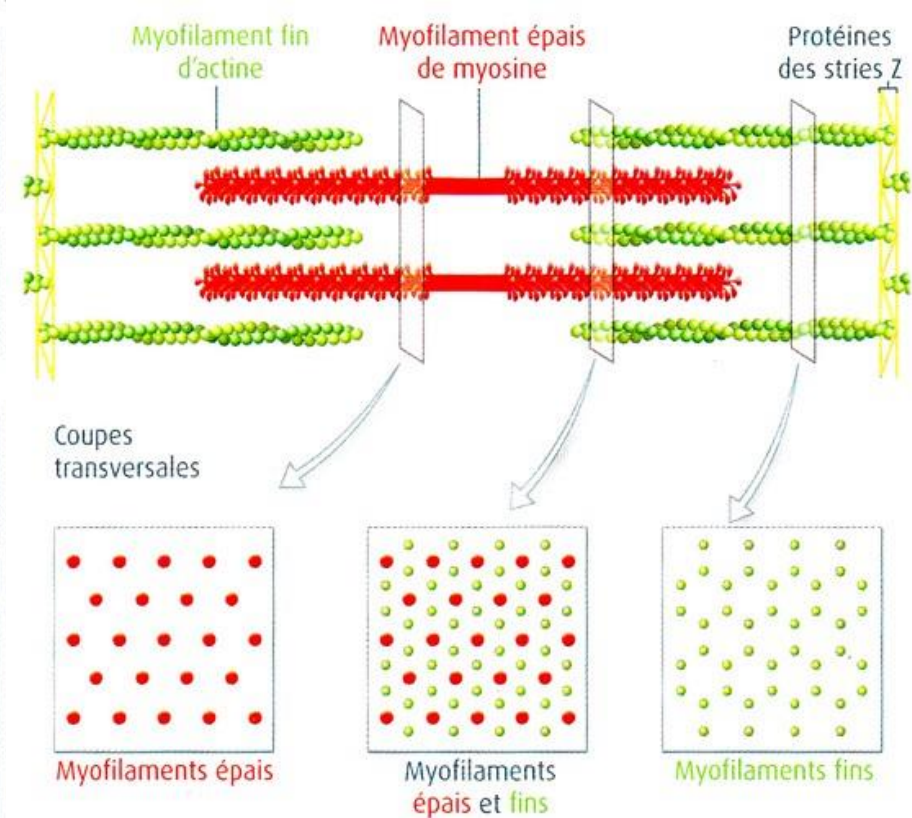
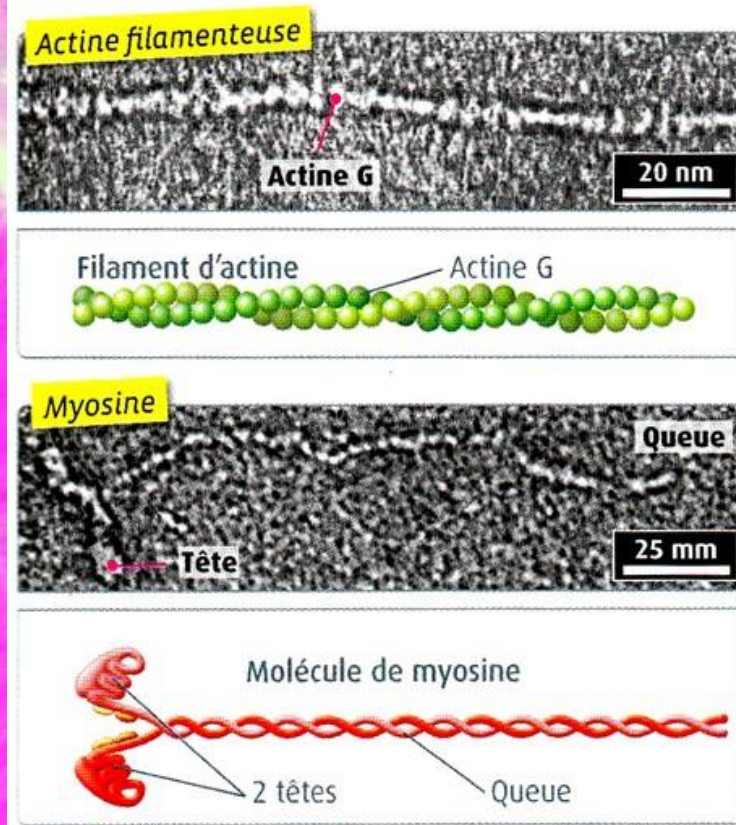
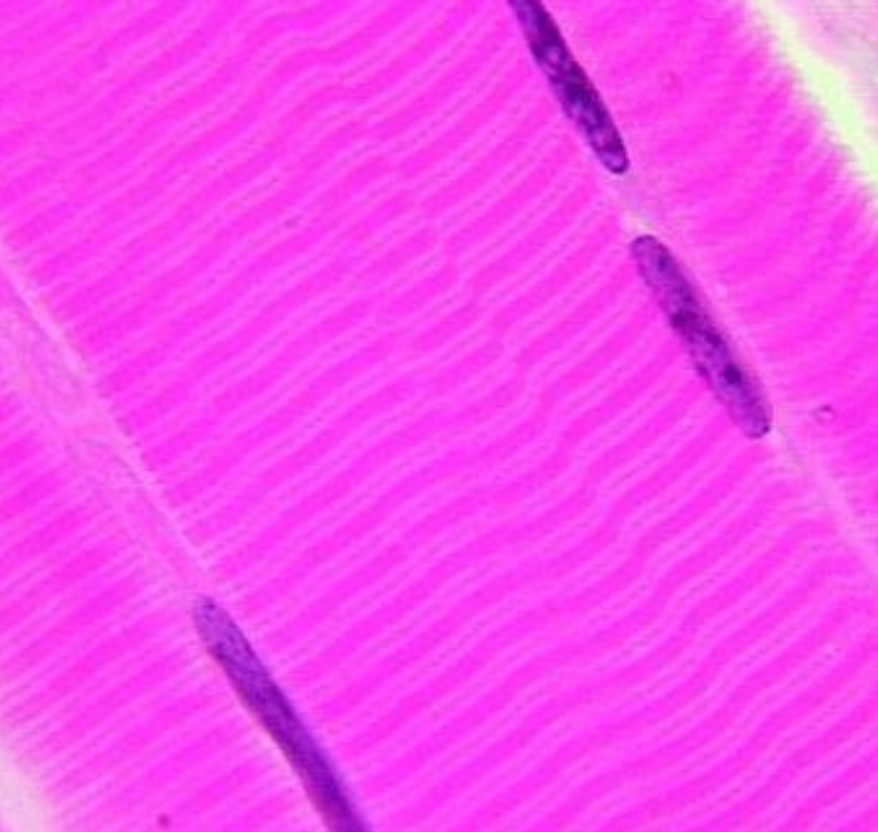
A. L'exemple des moules

Les cils des branchies des moules bougent en permanence ce qui permet un flux d'eau continu et donc un apport de O_2 . Quand nous mettons ces moules en présence de cyanure, il n'y a plus de mouvement. Le cyanure bloque la respiration cellulaire et donc la production d'ATP, les cils sont donc bloqués. L'ATP est donc une molécule produite lors de la respiration et de la fermentation qui est hydrolysée pour produire de l'énergie nécessaire à la cellule.

B. Le muscle

a) La contraction musculaire à partir d'ATP





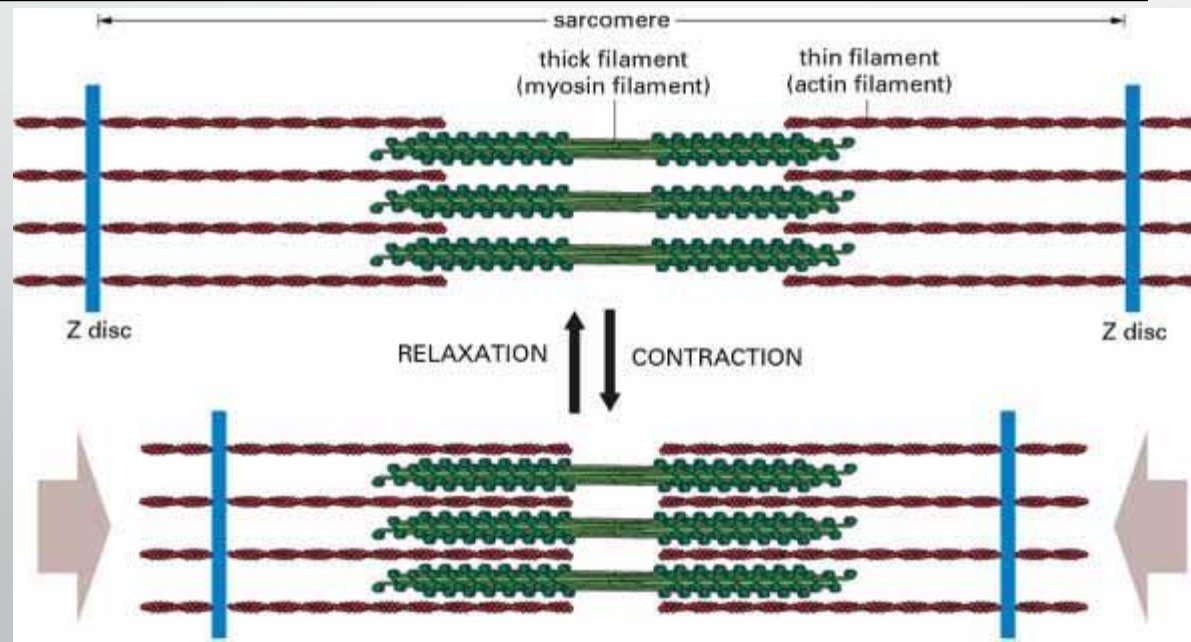
État relâché

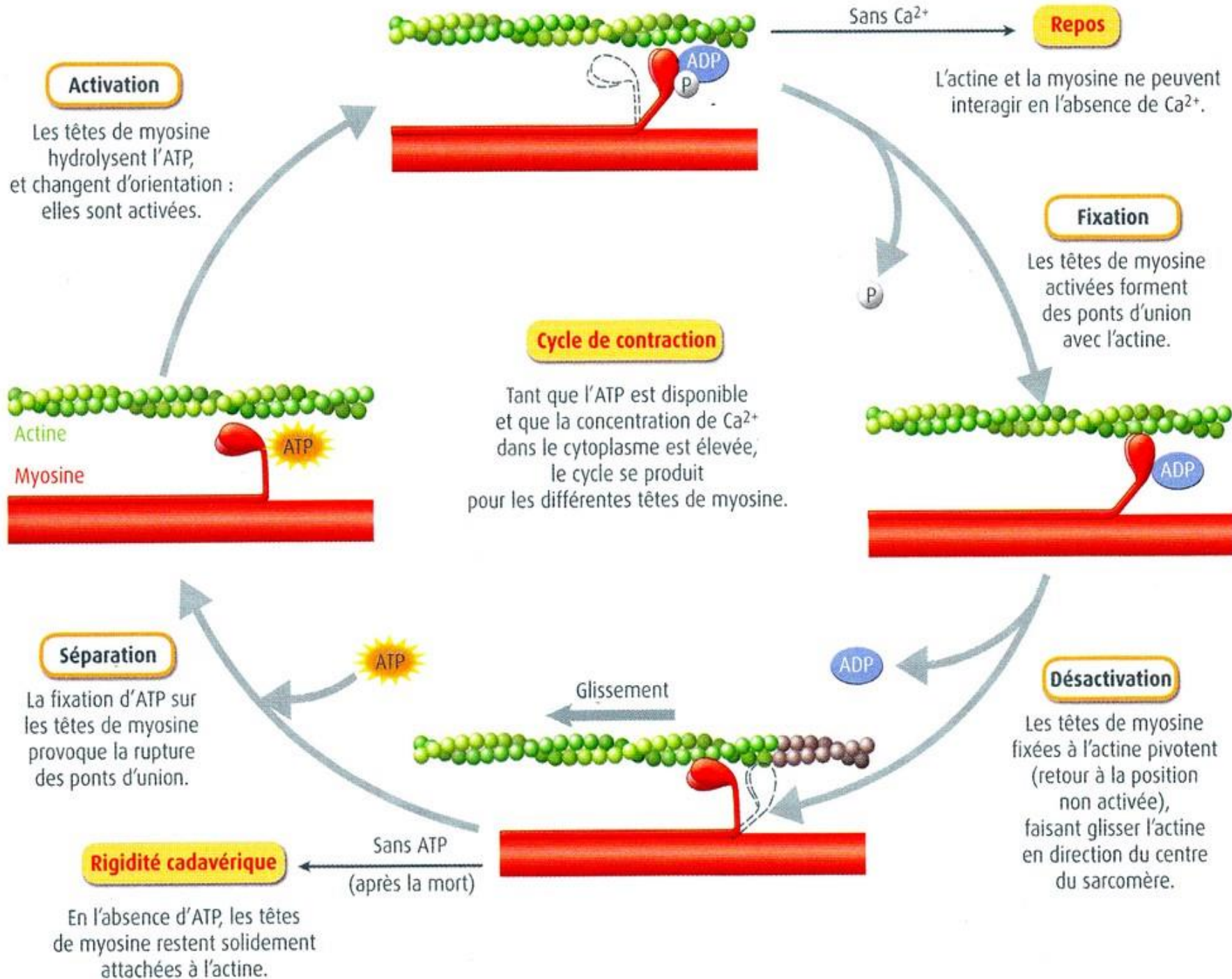


État contracté



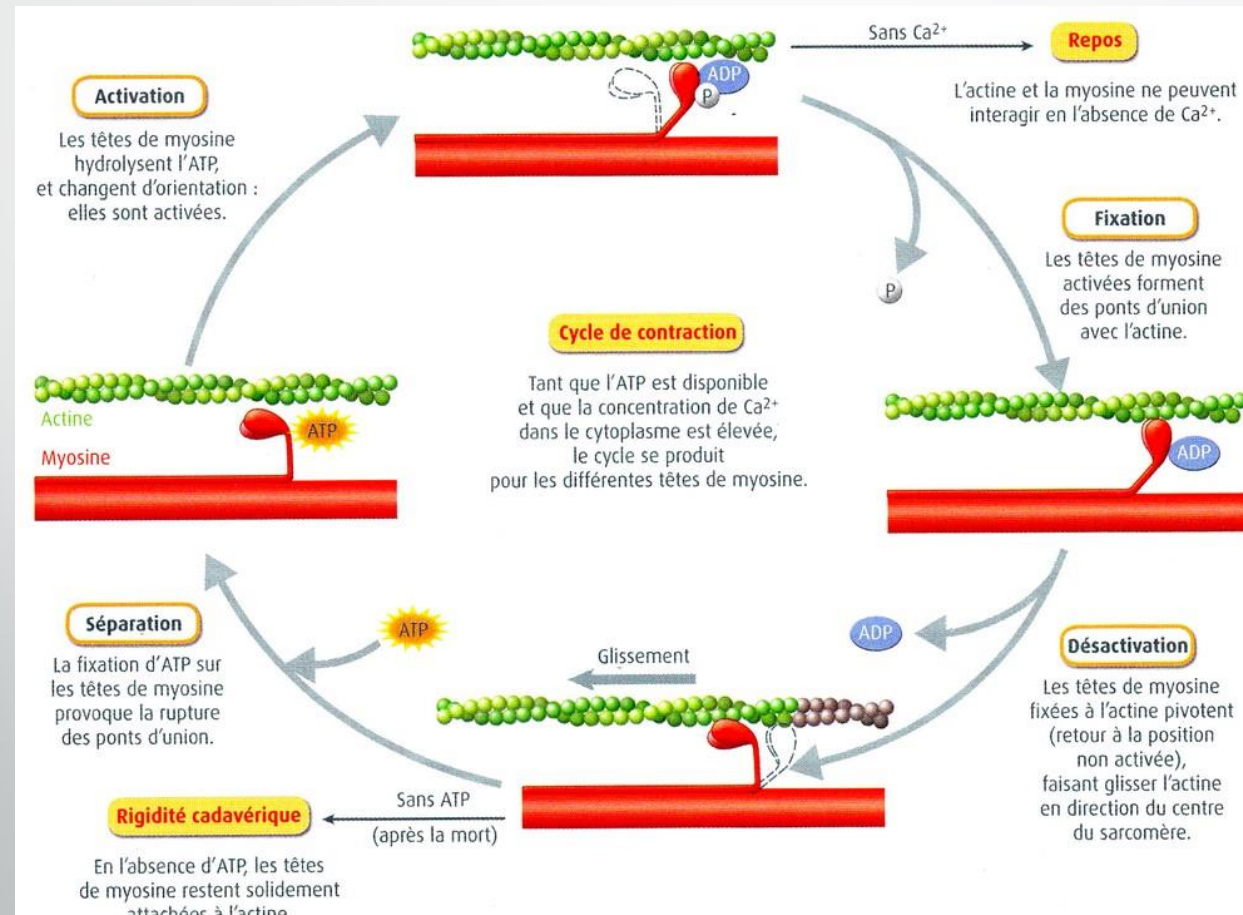
- Le muscle est composé de fibres musculaires. Chaque fibre contient plusieurs noyaux.
- Une cellule musculaire contient des sarcomères. Ils sont composés de filament fin d'actine et des filaments épais de myosine. Un sarcomère a une zone foncée (myosine + actine) et 2 zones claires (actine). La taille des sarcomères varient selon leur état (relâché ou contracté) car les La zone claire diminue de taille lors d'une contraction car les fibres glissent l'une par rapport à l'autre lors de la contraction musculaire.
- Le mouvement des filaments d'actine par rapport à ceux de myosine entraîne une dépense énergétique, donc une consommation d'ATP. Les filaments de myosine possède des têtes articulées qui peuvent s'accrocher sur le filaments d'actine, permettant le déplacement de cette actine. C'est la rotation et l'accrochage des têtes de myosine qui consomme de l'ATP.





- **Le mécanisme de la contraction se déroule en 4 étapes et nécessite l'hydrolyse de l'ATP et la présence de calcium :**

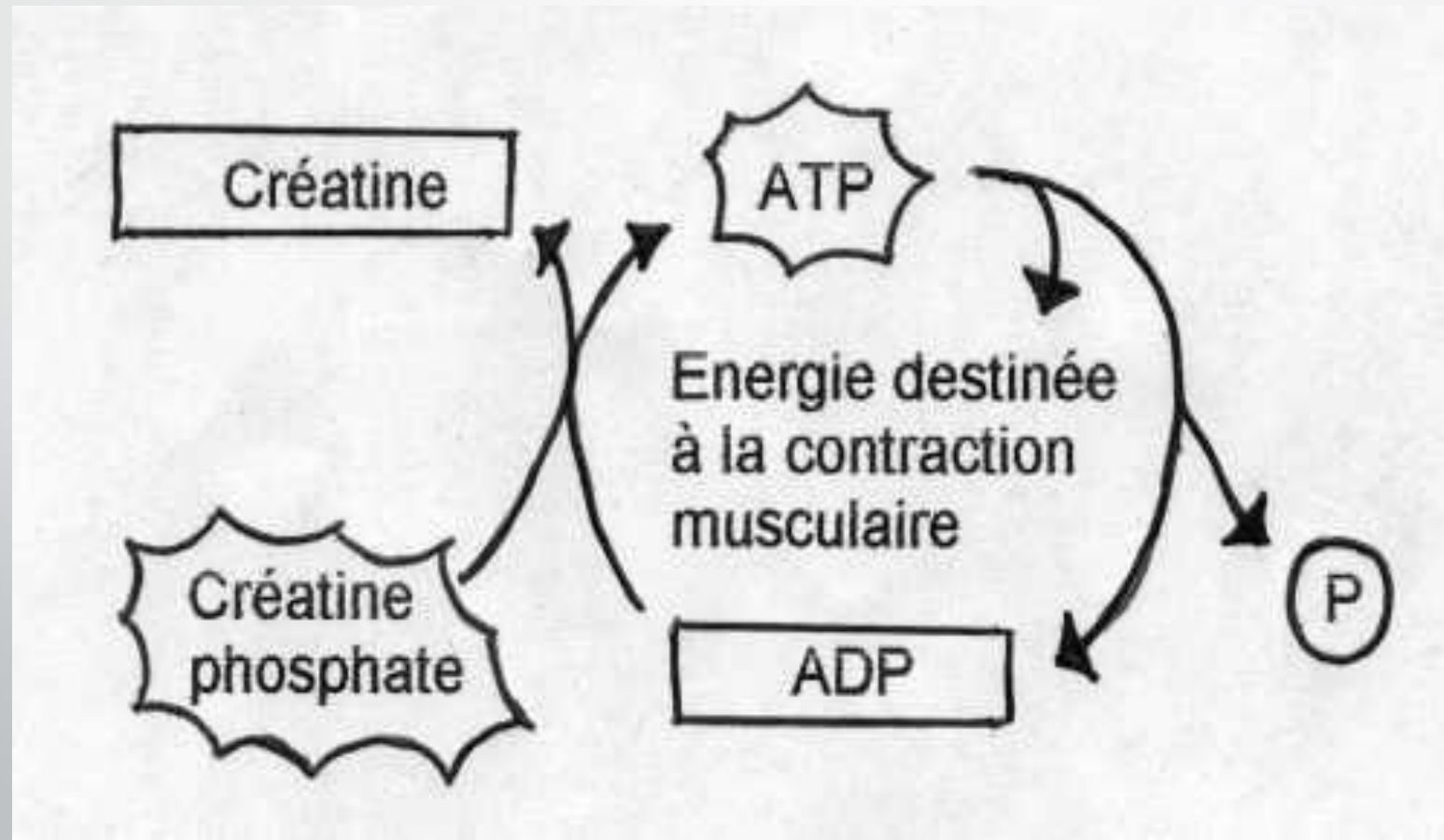
- 1- L'hydrolyse de l'ATP permet le basculement de la tête de myosine non fixée à l'actine.
- 2- En présence de calcium, la tête de myosine qui a conservé son ADP et son P_i se fixe à l'actine.
- 3- La libération de l'ADP puis du P_i entraîne un nouveau basculement de la tête de myosine et donc le glissement du filament d'actine auquel elle est accrochée.
- 4- L'ATP est nécessaire à la rupture du complexe actine/myosine (d'où la rigidité cadavérique après la mort) pour permettre un nouveau cycle.



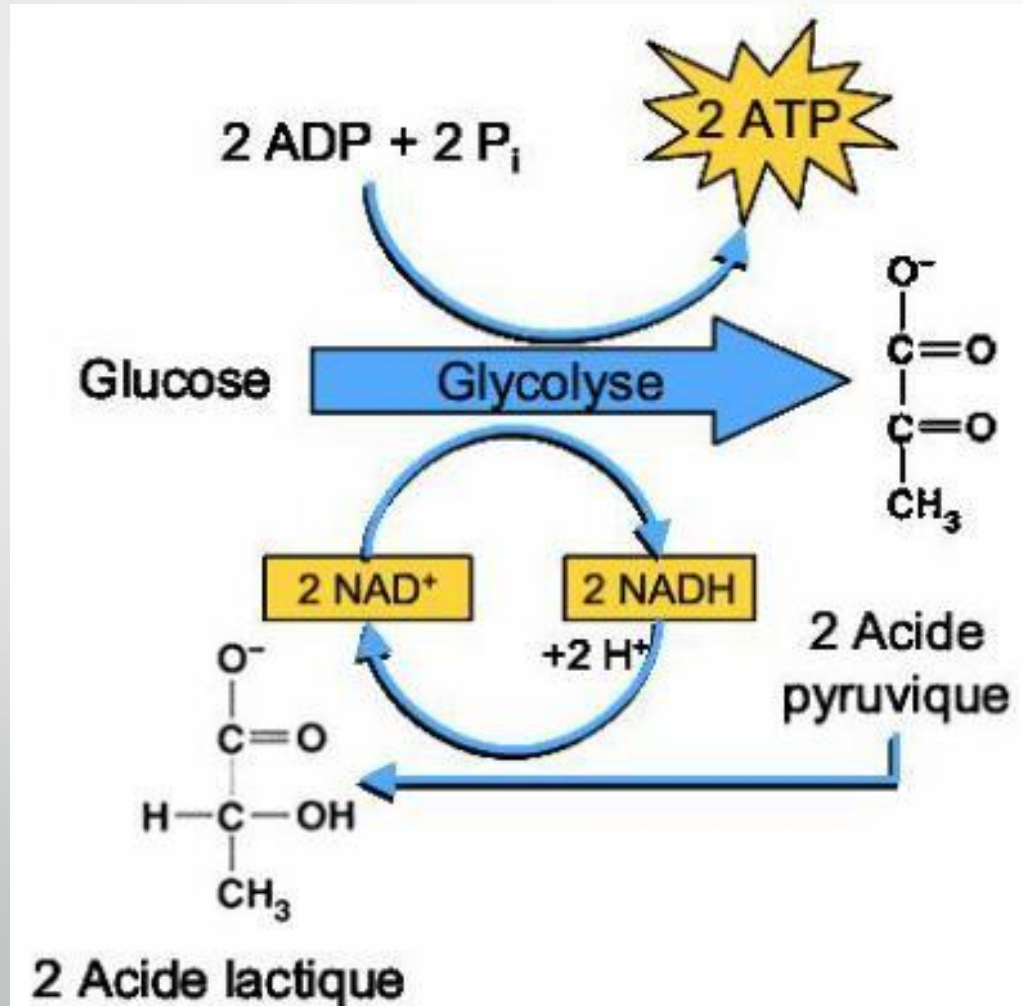
b) Le renouvellement de l'ATP

- Pour se déplacer, les animaux consomment une grande quantité d'énergie jusqu'à 40 Kg d'ATP par jour. Or notre organisme tout entier n'en contient que 75 g ce qui nous assure une autonomie de 52 secondes.
- Au cours de la contraction musculaire, la réalisation du mouvement qui passe par le fonctionnement du complexe protéique « actine myosine » nécessite l'hydrolyse de molécules d'ATP qui seront régénérées aussi vite qu'elles seront détruites.
- L'ATP n'est pas stocké mais **régénéré aussi vite qu'il est utilisé : son turn-over est extrêmement rapide.**
- Il existe trois voies de restauration de l'ATP :

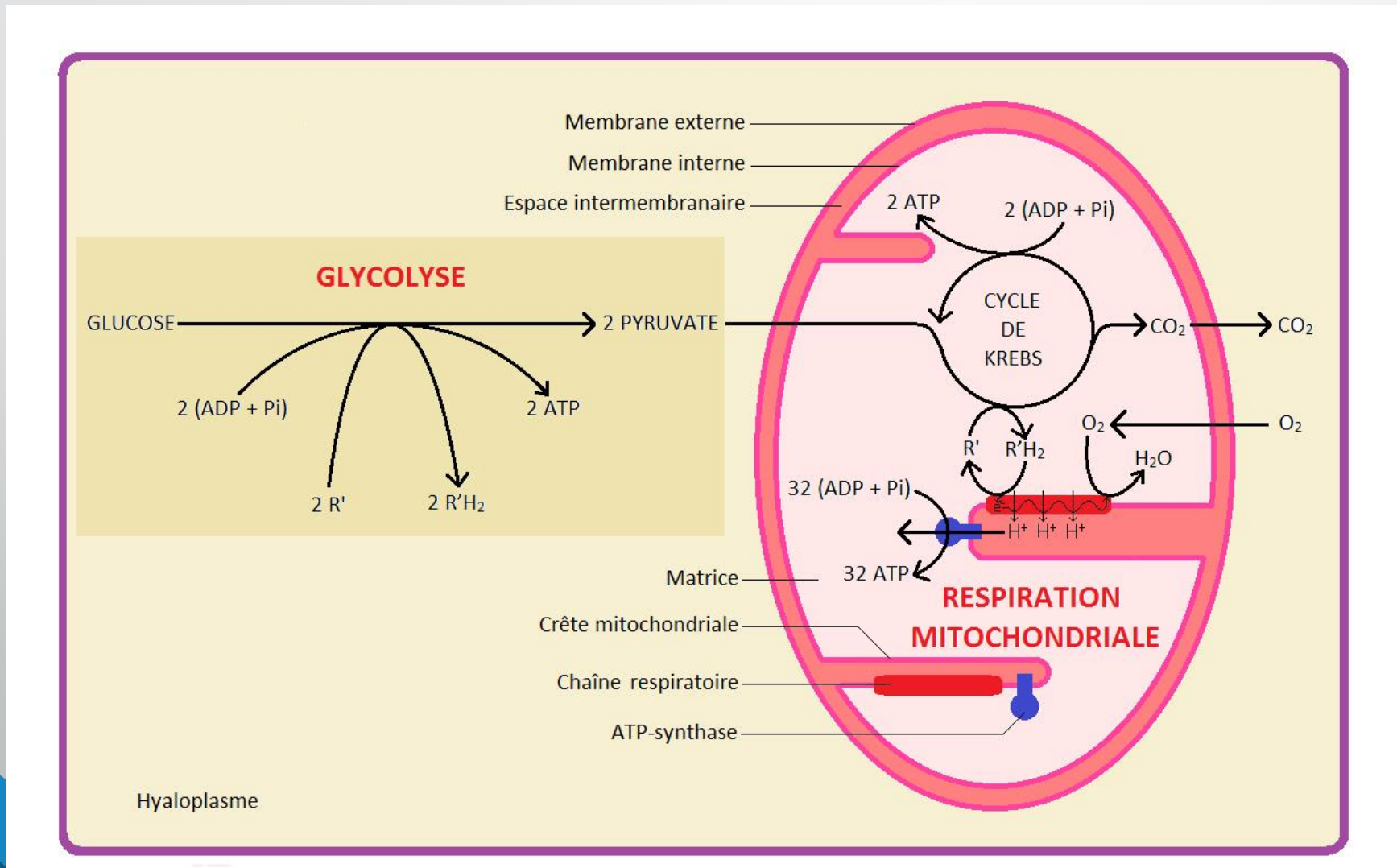
- **Le métabolisme anaérobie alactique** : L'hydrolyse de la **phosphocréatine** fournit l'énergie nécessaire à la phosphorylation de l'ADP pour former de l'ATP : efficace mais le stock de phosphocréatine s'épuise vite.

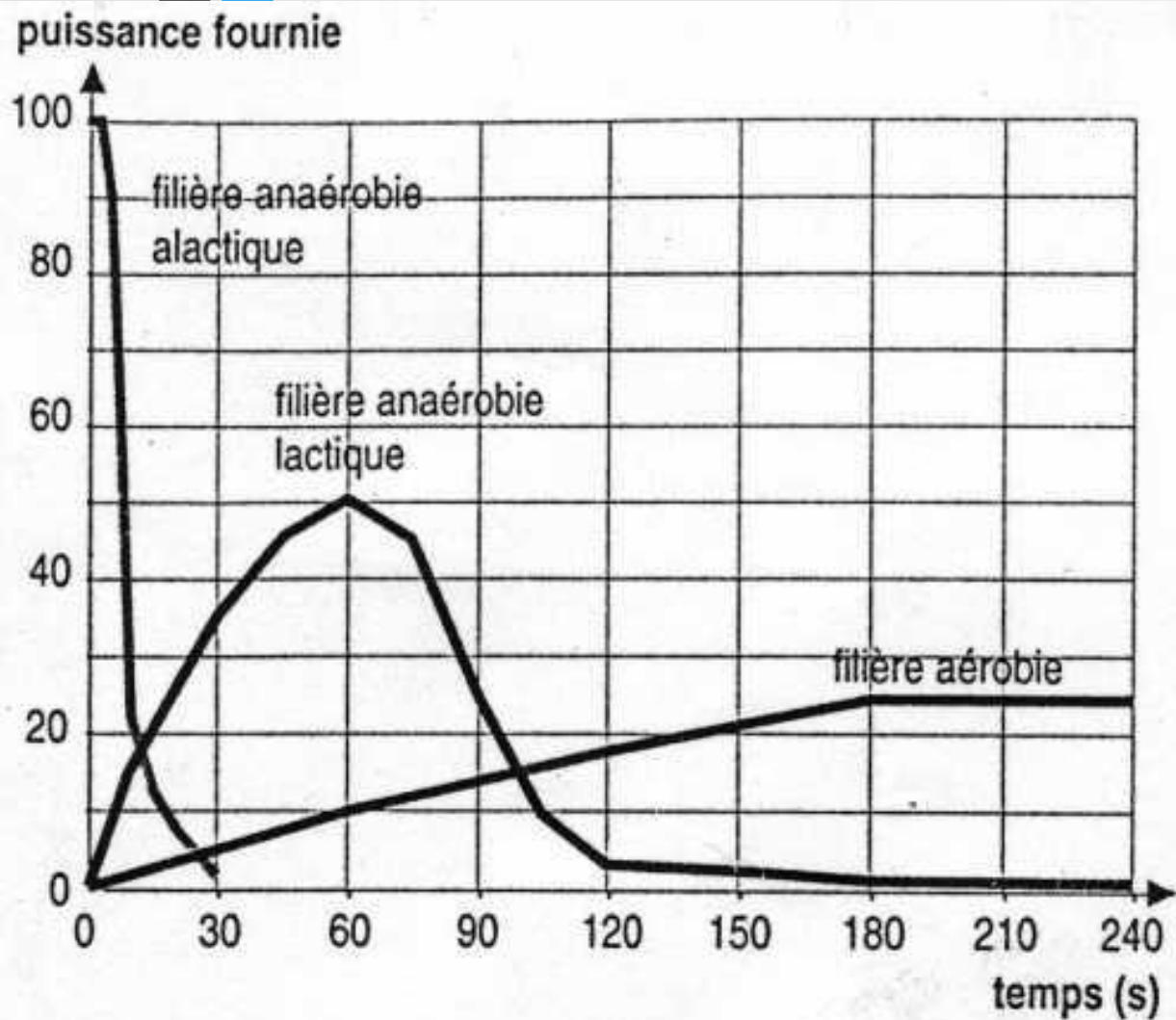


- **La fermentation lactique** qui fournit de l'ATP par la glycolyse : faible rendement et formation d'acide lactique responsable d'une acidose qui diminue les performances du muscle.



- – **La respiration** mécanisme le plus efficace grâce à la phosphorylation oxydative : limité tout de même par l'apport en dioxygène dépendant





Ces trois types de métabolisme ont une grande importance dans la pratique des sports. En effet la puissance musculaire développée lors d'un exercice varie considérablement selon le type d'exercice et selon le type de métabolisme.

Les courbes ci-dessus montrent bien que l'utilisation du métabolisme anaérobie alactique correspond à un effort bref et très puissant. C'est le métabolisme de sports explosifs comme le 100 m ou l'haltérophilie. En revanche, le métabolisme aérobie correspond à des sports de fond ou de demi-fond comme le Marathon ou le ski de fond.

Activité sportive	Durée	pourcentage de la dépense énergétique totale couvert par chacun des types de métabolismes										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ski de fond	3 à 5 h											
marathon	2h10 à 3h											
marche	1 à 3h											
nage libre (1 500 m)	15 à 16 min											
course (3 000 m)	7,32 à 8 min											
course (1 500 m)	3,31 à 3,50 min											
nage libre (200 m)	1,49 à 2,15 min											
course (400 m)	43 à 49 s											
course (100 m)	10 à 11s											
haltérophilie	quelques secondes											



- **Variations de la composition chimique d'un muscle frais** (évaluées par kg de muscle frais)

Constituants chimiques	Avant contraction	Après contraction
glycogène	10.8 g.kg ⁻¹	8 g.kg ⁻¹
ATP	4 à 6 mmol.kg ⁻¹	4 à 6 mmol.kg ⁻¹

- Lors d'un exercice physique de forte intensité, la vitesse d'utilisation de l'ATP par l'organisme peut atteindre 0,5 kg min⁻¹.
- Dans un muscle frais, la réserve en ATP est environ de 4 à 6 millimoles.kg⁻¹ soit 0,25 à 0,42 % de la masse totale du muscle.

Une cellule musculaire qui se contracte utilise continuellement de l'ATP. Heureusement, l'ATP est une ressource renouvelable qui peut être régénérée par l'addition d'un phosphate à l'ADP.

Le cycle de l'ATP s'effectue à un rythme ahurissant. Par exemple, une cellule musculaire au travail renouvelle la totalité de son ATP environ une fois par minute. Cela représente 10 millions de molécules d'ATP utilisées et régénérées chaque seconde par la cellule. Si l'ATP ne pouvait pas être régénérée par phosphorylation* d'ADP, les humains utiliseraient chaque jour une quantité d'ATP équivalente à leur masse corporelle.

D'après « Biologie », Campbell De Boeck Université

Conclusion :

- Toutes les cellules vivantes, des organismes uni ou pluricellulaires, animaux ou végétaux, qu'elles soient par ailleurs autotrophes ou non, consomment des intermédiaires métaboliques, et en particulier de l'ATP pour leurs activités.
- Cette petite molécule, qui n'est pas stockée, est régénérée grâce aux processus complexes d'oxydation que sont la respiration cellulaire et/ou les fermentations.