

Physiologie – Athlétisme
Cours numéro 2

Généralités sur les filières énergétiques Et Filières anaérobie alactique

Physiologie – Athlétisme

Cours numéro 2

- I. Introduction
- II. La molécule d'ATP
- III. La filière anaérobie alactique
- IV. Les effets de l'entraînement anaérobie alactique
- V. L'anaérobie alactique en pratique

I. Introduction

« Dans un monde toujours en mouvement, l'homme doit bouger s'il veut maîtriser son destin ! Le mouvement, c'est la vie » Pierre Dac.

Il n'y a pas de vie sans **mouvement**. Ce mouvement, qui nous permet d'accomplir nos tâches quotidiennes, doit constamment être entretenu, faute de quoi la vie s'arrête.

Le mouvement peut être déclenché soit par **la pensée** (le désir de mouvement), soit par **des réflexes** (mouvements de protection). Ces deux leviers d'action constituent les commandes de notre "machine" corporelle.

Cependant, comme toute machine, notre corps a besoin de carburant, **d'énergie**, pour pouvoir bouger.

Dans ce cours, nous explorerons cette énergie : sa nature, son origine, et **le processus de sa création**.

I. Introduction

Notre corps à la particularité de posséder TROIS moteurs ayant chacun des caractéristiques et des carburants différents :

- **La filière anaérobie alactique** : Très puissante, très peu endurante et se nourrissant principalement de **phosphocréatine**.
- **La filière anaérobie lactique** : Puissante, peu à moyennement endurante et se nourrissant principalement de **glucose et de glycogène** (dérivé du glucose)
- **La filière aérobie** : Très peu puissante, théoriquement inépuisable, se nourrissant de **glucose, lipides et protéines**.

I. Introduction

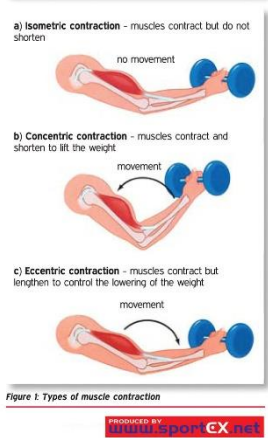
Ces trois filières ont pour mission principale de maintenir **l'homéostasie énergétique** du corps en produisant une molécule essentielle à la contraction musculaire et donc au mouvement : *l'ATP*.

Homéostasie : Évoqué pour la première fois par le médecin et physiologiste Claude Bernard en 1866, ce terme désigne « *la capacité des différents systèmes du corps à maintenir l'équilibre de son milieu intérieur malgré les contraintes externes.* »

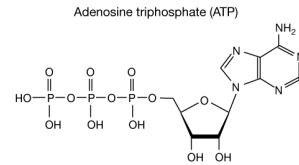
L'homéostasie englobe l'ensemble des actions mises en œuvre pour stabiliser les paramètres vitaux et assurer le fonctionnement optimal du corps. Quelques exemples :

- **La glycémie** : régulation par stockage ou déstockage du glucose.
- **L'apport en oxygène aux muscles** : ajustements du rythme cardiaque et de la pression sanguine.
- **La préservation des tissus** : la réponse inflammatoire.
- **La stabilisation de la température corporelle** : processus de thermorégulation.

Contraction musculaire

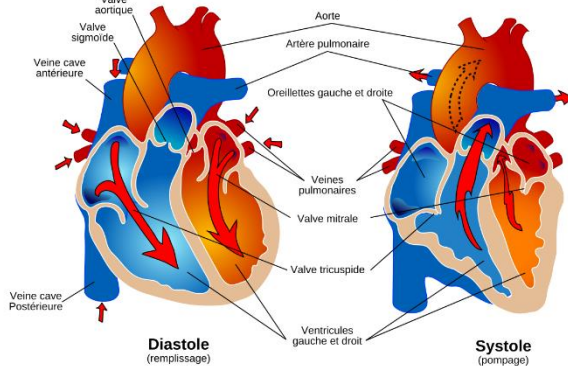


II. La molécule d'ATP



Régulation homéostatique
 (= équilibre physiologique du corps)

Contraction cardiaque

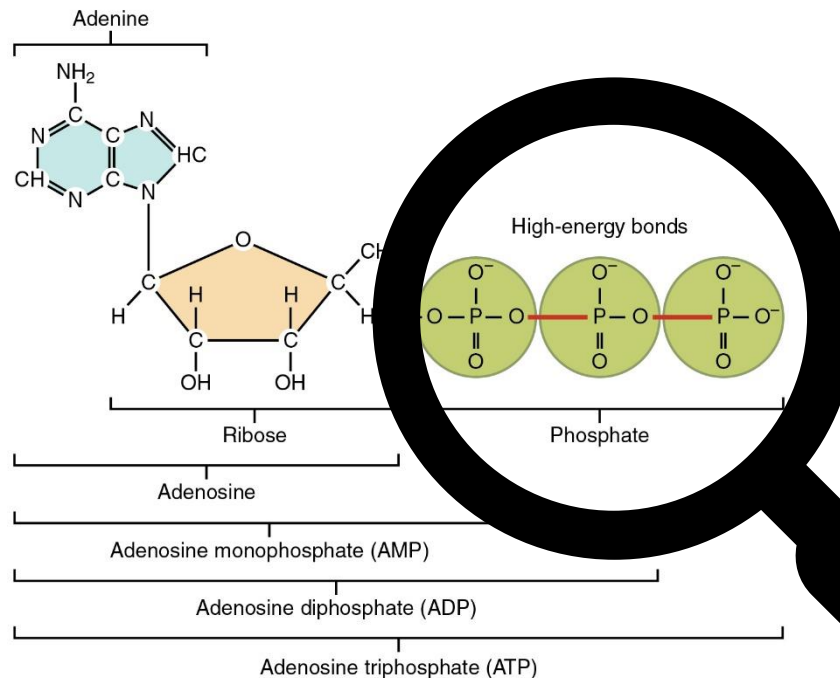


Création et stabilisation de l'ADN

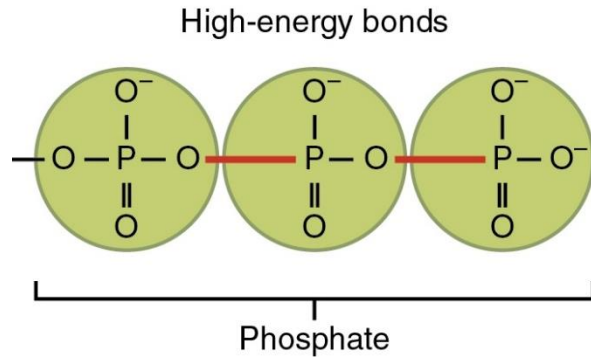
II. La molécule d'ATP

La molécule d'ATP (= **Adénosine TriPhosphate**), est une molécule qui va être utilisée par nos muscles pour créer de la contraction musculaire.

Il faut une molécule d'ATP pour contracter une fibre musculaire !



II. La molécule d'ATP

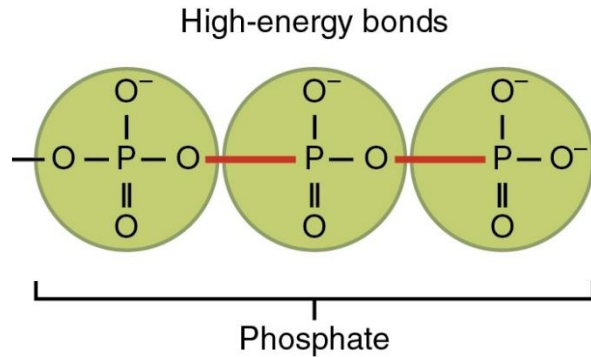


C'est en hydrolysant les liaisons phosphates qu'une grande quantité d'énergie est libérée.

Equation chimique simplifiée :



II. La molécule d'ATP

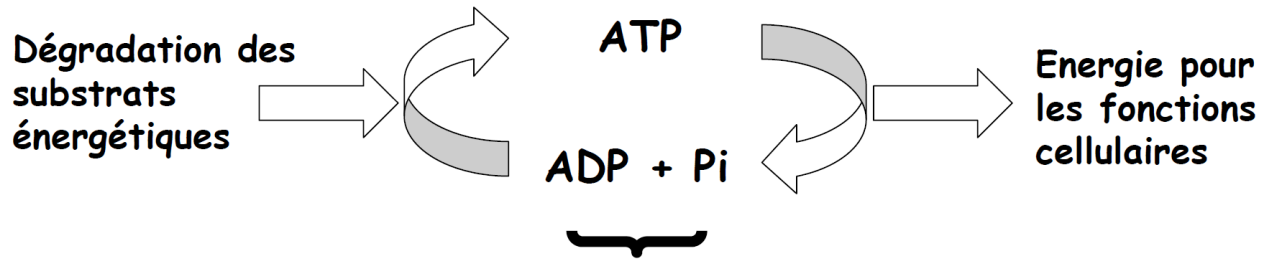


C'est en hydrolysant les liaisons phosphates qu'une grande quantité d'énergie est libérée.

Equation chimique complète (bonus) :



II. La molécule d'ATP



La vitesse du turnover détermine la puissance

V.CHATTE (2008)

La question est maintenant de savoir comment créer cette molécule d'ATP indispensable à la contraction musculaire, étant donné qu'il s'agit de la seule source d'énergie directement utilisable par notre corps (environ 250 g d'ATP produite par seconde au repos).

Le corps humain est **peu capable de stocker l'ATP** ; il doit donc en fabriquer en continu pour assurer le fonctionnement musculaire et vitale du corps.

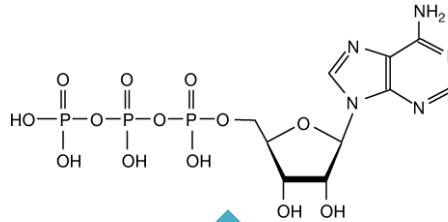
Comment le corps produit-il cette ATP ?

Grâce aux filières énergétiques...

II. La molécule d'ATP

ENERGIE

Adenosine triphosphate (ATP)



CARBURANT ?



Filière
ANAEROBIE
ALACTIQUE

CARBURANT ?



Filière
AEROBIE

CARBURANT ?

Filière
ANAEROBIE
LACTIQUE

MOTEURS

III. La filière anaérobie alactique

P. UISSANCE	<p>Très élevée.</p> <p>La plus puissante des trois filières</p>		
I. NERTIE	<p>Pratiquement inexistante.</p> <p>La puissance de cette filière est atteinte dès le début du mouvement.</p>		
C. APACITE	<p>Tenue de la puissance maximale :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 à 5 secondes 	<p>Capacité totale :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 à 30 secondes 	
S. UBRAT	<ul style="list-style-type: none"> • Phosphocréatine • ADP + Pi 		
R. ECUPERATION	<p>Après une sollicitation courte < 7 à 10 secondes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 à 4 minutes 	<p>Après une sollicitation longue > 7 à 10 secondes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6 à 8 minutes 	<p>La moitié des stocks de Pcr sont resynthétisés en 20 à 30 secondes (Harris & al, 1976)</p>

III. La filière anaérobie alactique

Cette filière s'apparente à un **dragster**, elle permet de provoquer un **turnover d'ATP très rapide**.

Ceci va permettre un apport d'ATP extrêmement important dans les muscles afin de créer des contractions musculaires **fortes et rapides**.

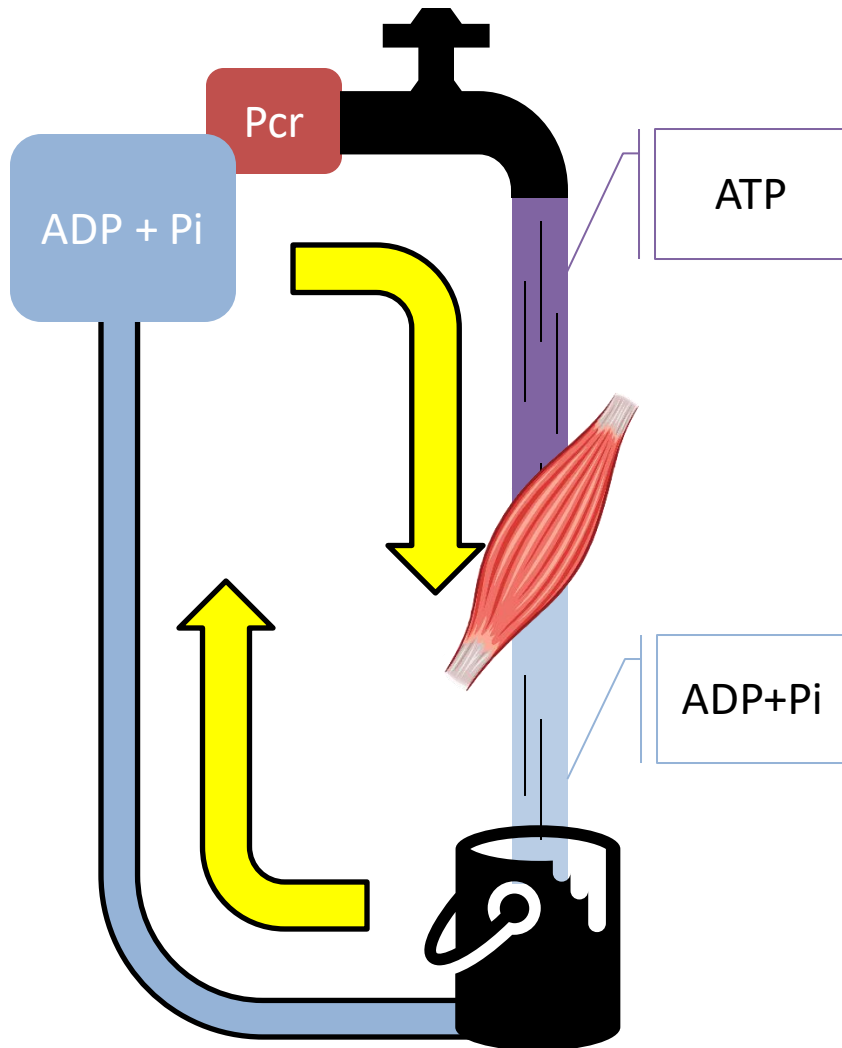
De plus, cette filière ne crée **aucuns déchets métaboliques** (dans 99,99% des cas), sa baisse de puissance vient donc d'un autre facteur → Son substrat, la phosphocréatine, dont les **stocks intramusculaires sont faibles**.

BONUS :

L'utilisation importante des efforts dans cette filière peut créer une autre source de fatigue : **LA FATIGUE NERVEUSE**. En effet, à force d'envoyer de fortes impulsions électriques, le système nerveux peut fatiguer et envoyer des commandes de moins en moins coordonnées ou puissantes.



III. La filière anaérobie alactique

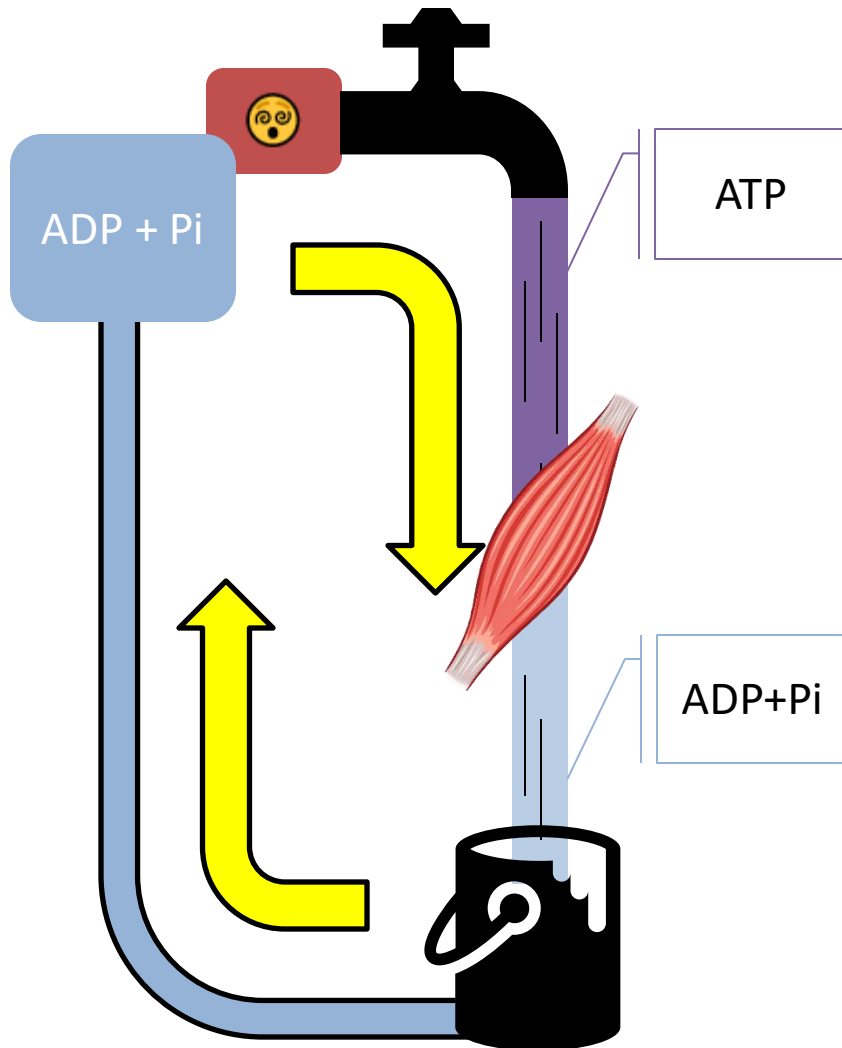


Voie créatine kinase

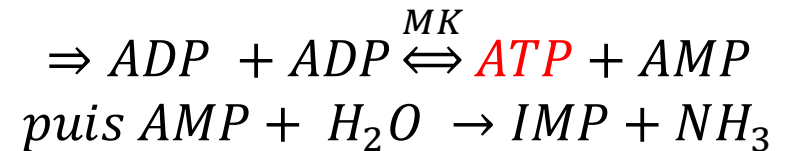


- ADP présent en **permanence** dans le corps.
- Stocks en PCr et ADP plus élevés dans les fibres rapides, donc fibres rapides plus à même d'utiliser cette filière avec efficacité.
- La déplétion en substrats est identique dans les deux types de fibres.
- Vitesse de resynthèse plus élevée dans les fibres lentes, car plus armées en métabolismes de récupération.
- Cette voie est utilisée dans **99,99%** des cas des efforts explosifs

III. La filière anaérobie alactique (bonus)

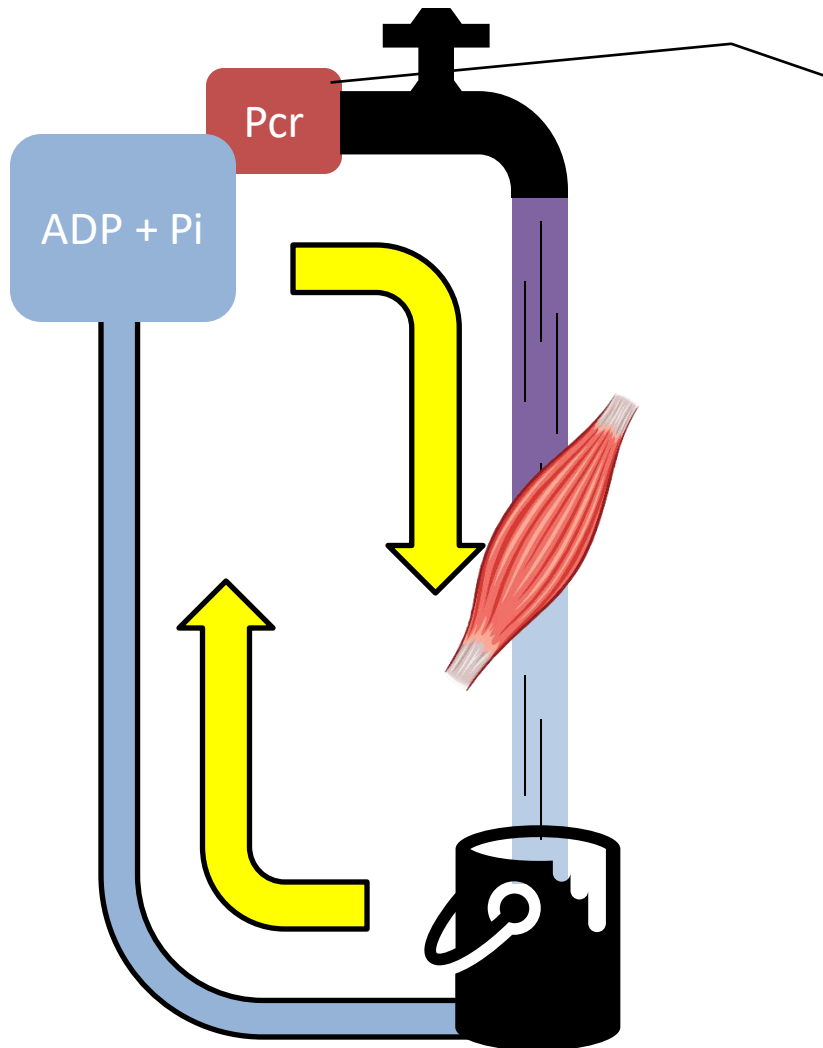


Voie myokinase



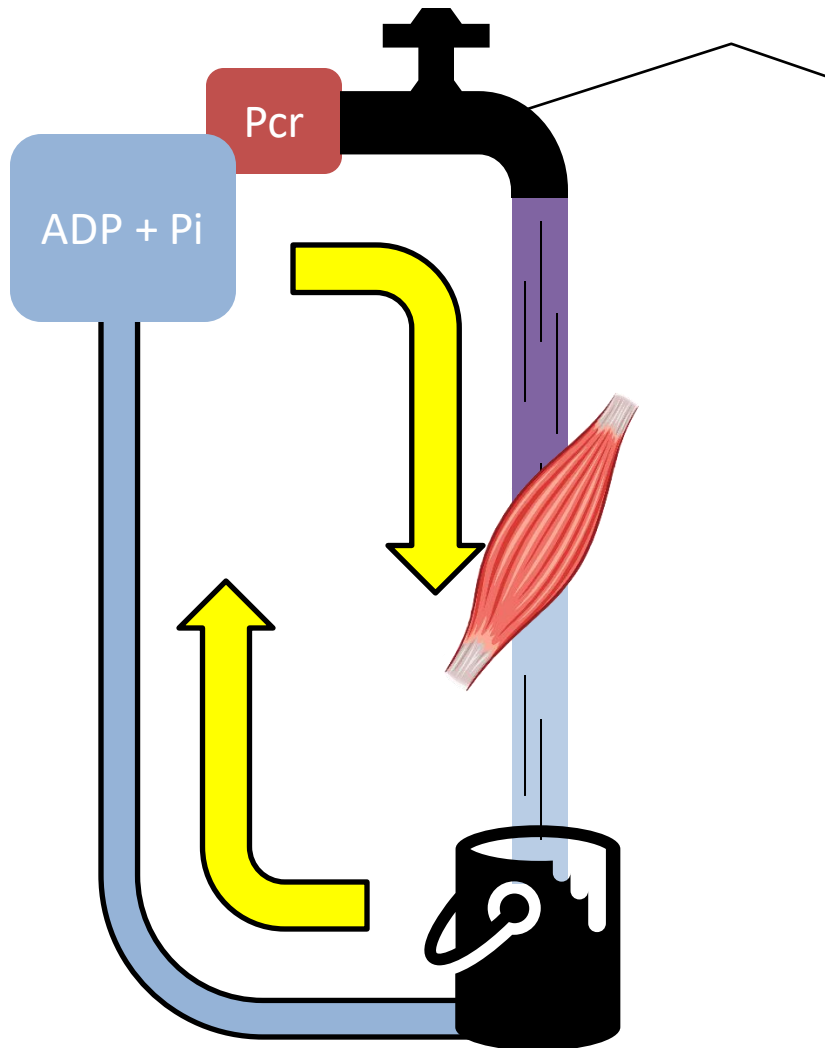
- NH₃ = Ammoniac (Maux de tête)
- Voie peu active, voire inexistante chez le sédentaire.
- Voie très active chez les sprinteurs et les sports/poste de jeux exigeant une répétition d'efforts brefs et très intenses.
- L'activation de cette voie est un signe de détresse et de fatigue anaérobie alactique.

IV. Les effets de l'entraînement anaérobie alactique



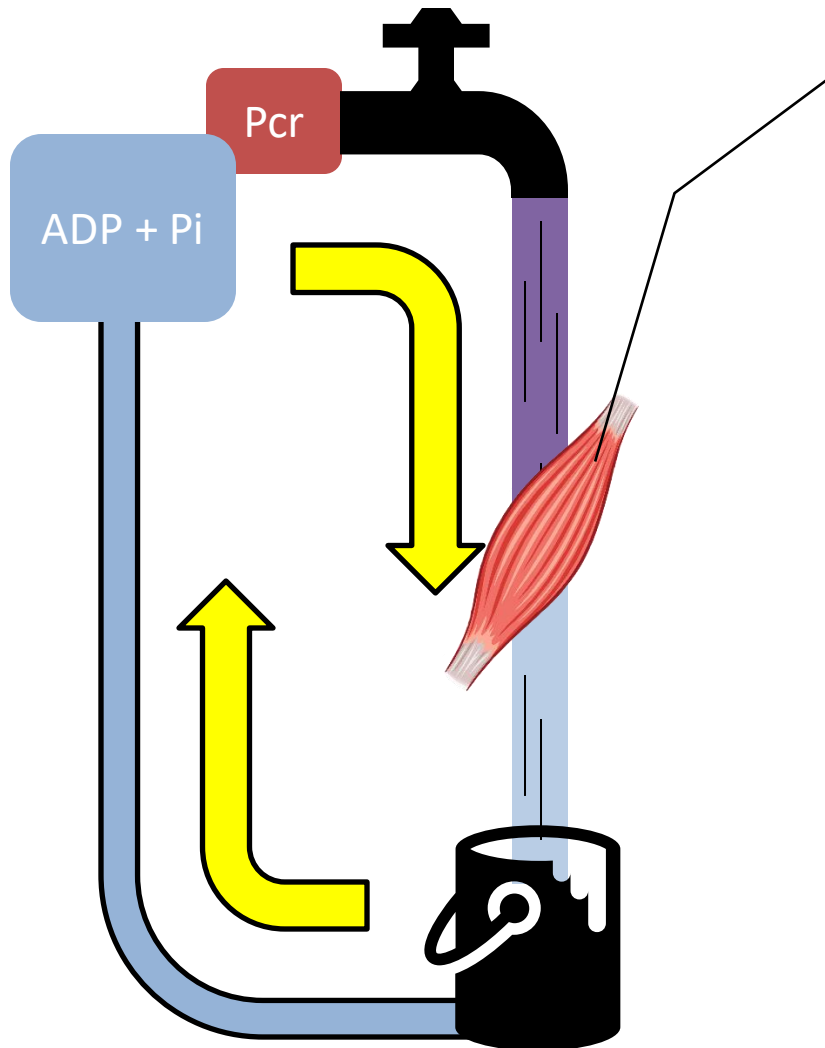
- L'entraînement en force maximale augmente de 40% les stocks de Pcr intramusculaire
- Ces stocks plus importants se vident cependant à la même vitesse. Apportant une augmentation de puissance et non de capacité. *(Harris & al, 1992)*
- La supplémentation en créatine à court terme (20g/j pendant 7 jours) augmenterait les stocks intramusculaire de 10 à 40%. Sans augmentation de puissance ni de capacité chez les sédentaires. *(R.B Kreider, 2003)*

IV. Les effets de l'entraînement anaérobie alactique



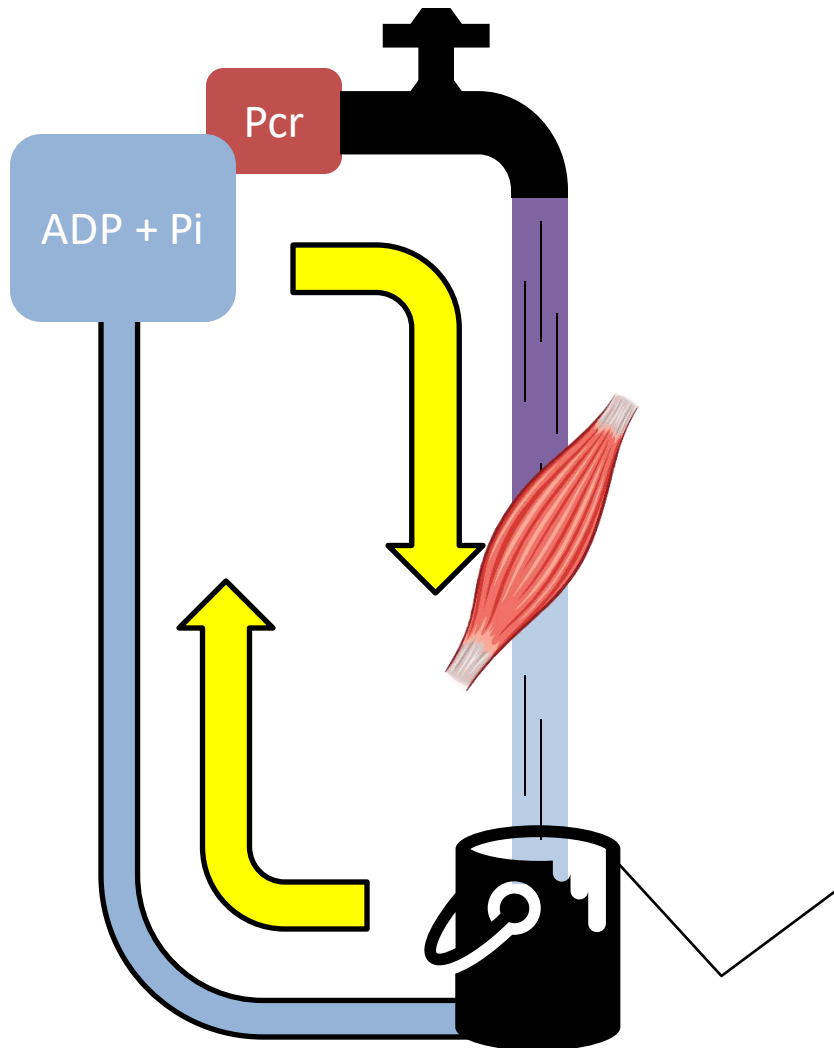
- Comme cité précédemment, l'entraînement en force maximale permet de décharger plus vite des stocks plus importants en Pcr.
- Cependant certaines études ne montrent aucun changement dans la production d'ATP par les fibres après un entraînement en force ou en sprint malgré une amélioration des performances. Cela suggère que les progrès ne se font pas grâce à une augmentation de la création d'énergie.
(B.Dawson & Al, 1998)

IV. Les effets de l'entraînement anaérobie alactique



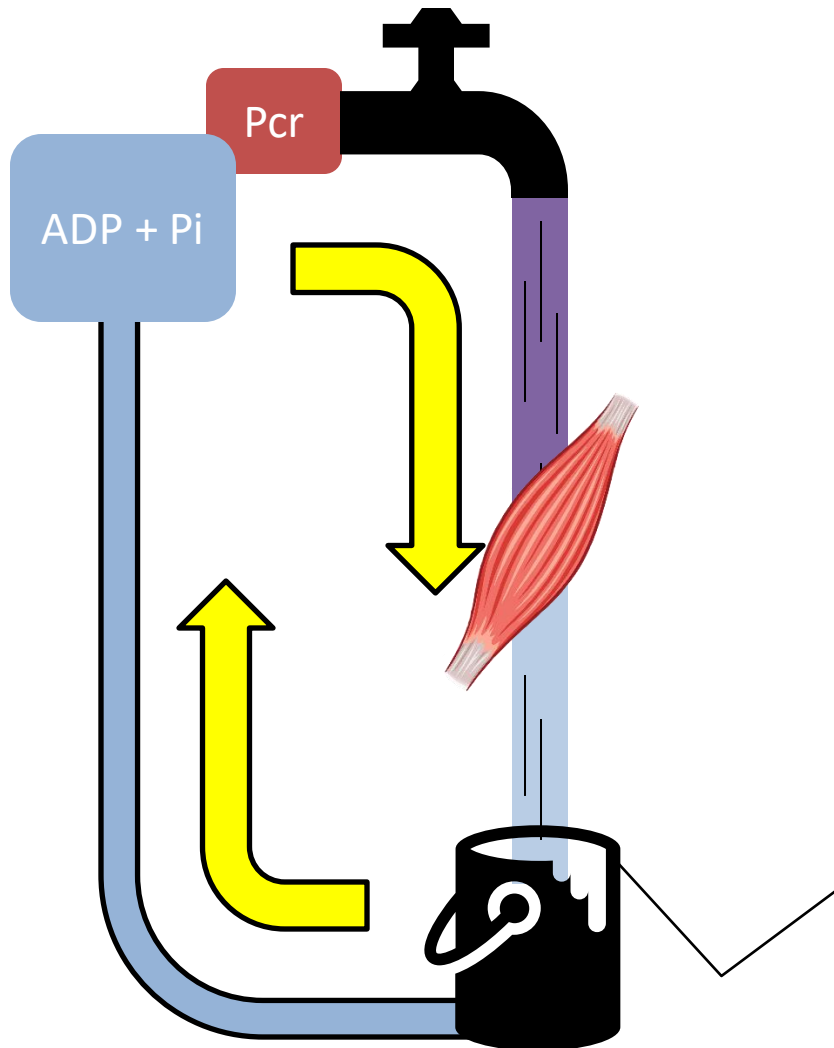
- L'entraînement en sprint et en force maximale augmente la proportion de fibres rapides. Ceci entraîne une augmentation du métabolisme anaérobie alactique concomitant avec l'amélioration des performances (**B.Dawson & Al, 1998**)
- Amélioration de 20% à 36% de l'activité enzymatique permettant à la filière de tourner plus vite après un entraînement régulier en sprint. (**A.Thorstensson & al, 1972**)
- Amélioration de la coordination intra et intermusculaire.
- Augmentation de la raideur tendineuse.

IV. Les effets de l'entraînement anaérobie alactique



- [Un entraînement en puissance aérobie permet de mieux récupérer entre des efforts de sprint répétés chez le sprinteur, le basketteur et le rugbyman et de maintenir un niveau de performance plus élevé.]
- [Un entraînement en capacité aérobie prolongé fait diminuer les performances en sprint.]
- Un entraînement en répétitions de sprints permet d'améliorer de 2% à 3% la capacité à répéter des efforts élevés durant un match. **(M.Buccheit & al, 2010)**
- L'amélioration de la récupération se fait grâce à une capacité à resynthétiser plus rapidement les stocks en phosphocréatine.

IV. Les effets de l'entraînement anaérobie alactique



En résumé :

- Masse des fibres rapides +++
- Raideur tendineuse +++
- Coordination inter et intra musculaire +++
- Stocks en Pcr ++
- [Entraînement en puissance aérobie permet de resynthétiser plus rapidement la phosphocréatine]

V. La filière anaérobie alactique en pratique

Pour chaque filière, nous présenterons succinctement les paramètres de son entraînement grâce à **l'IDR**.

- I pour l'intensité de l'effort
- D pour la durée de l'effort
- R pour la récupération entre les efforts

Vous pouvez utiliser cet acronyme pour paramétrer toute vos séances. C'est aussi la première chose que l'on annonce à ses sportifs :

« Tu cours à telle **vitesse**, telle **distance/temps** et tu **récupère** tant de temps »

V. La filière anaérobie alactique en pratique

De manière générale, l'IDR à respecter pour les efforts anaérobie alactique est le suivant :

- Intensité :
 - Pour la course, entre **90% et 100% de la vitesse maximale**
 - Pour la musculation, au-delà de **80% de 1RM** ou des charges plus légères déplacées avec une **vitesse maximale**.
- Durée :
 - **1 à 5 secondes** pour travailler en puissance anaérobie alactique
 - **5 à 20 secondes** pour travailler en capacité anaérobie alactique
 - De manière générale, on arrêtera la séance lorsque la qualité du geste ou la vitesse se dégrade.
- Récupération :
 - Récupération de nature **passive ou semi-passive**
 - Stock en Pcr rechargés à **50%** au bout de **20 à 30 secondes** (*Harris & al, 1976*)
 - Stocks en Pcr rechargés à **75%** au bout de **1 minute 30**.
 - Stocks en Pcr rechargés à **100%** au bout de **4 minutes ou +**.

V. La filière anaérobie alactique en pratique

Le sprint



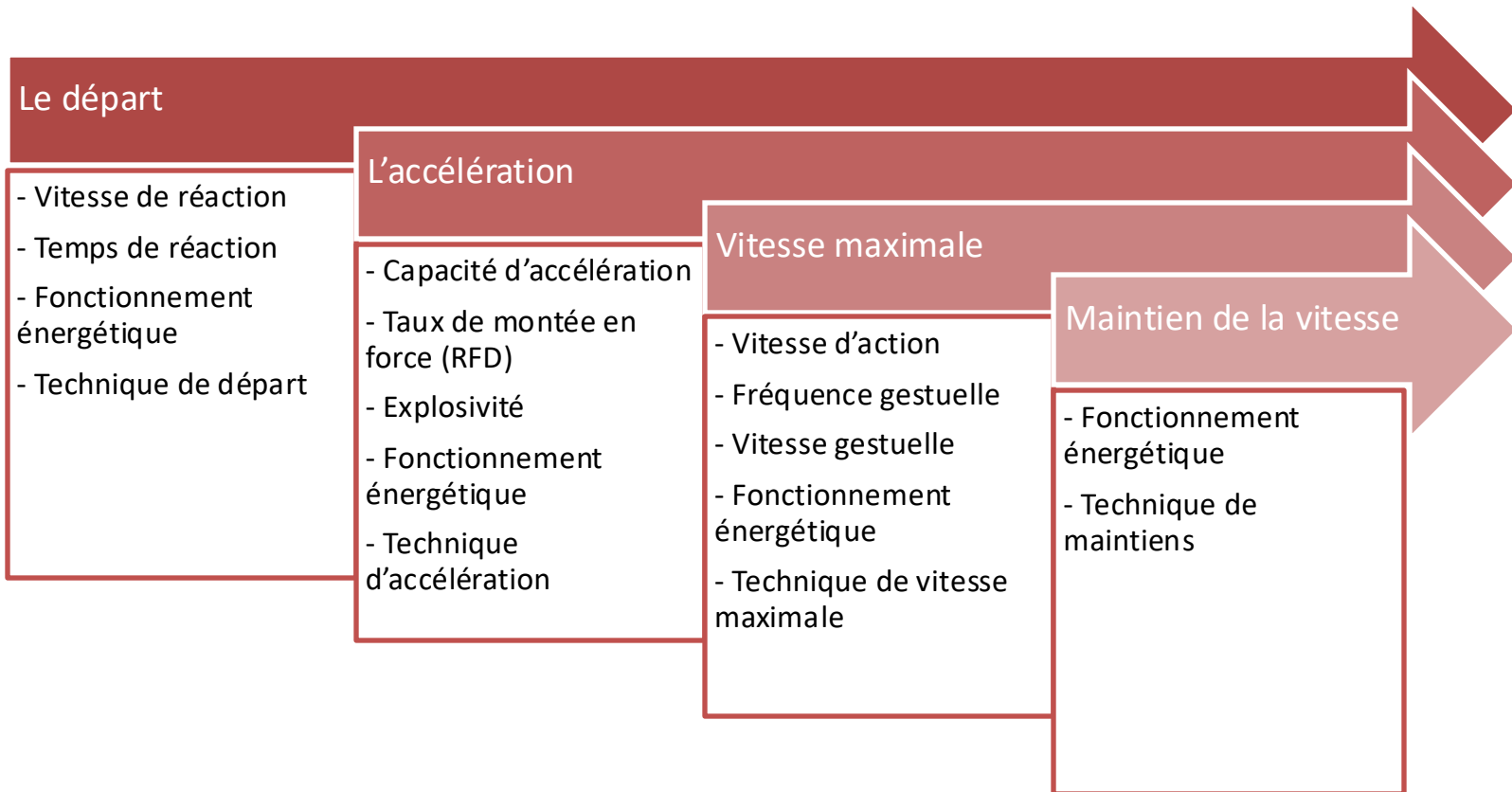
V. La filière anaérobie alactique en pratique

Les variantes de sprint



V. La filière anaérobie alactique en pratique

Facteurs de performances en sprint :



V. La filière anaérobie alactique en pratique

Modalités IDR pour les séances de sprint :

- Intensité :
 - 90% à 100% de la vitesse maximale
- Durée :
 - **1 à 5 secondes** pour travailler en puissance anaérobie alactique
 - **5 à 10 secondes** pour travailler en capacité anaérobie alactique
 - 200m à 600m de course au total en respectant les temps d'efforts
 - Arrêt de la séance lorsque la vitesse se dégrade de manière importante
- Récupération :
 - Récupération de nature **passive ou semi-passive**
 - Rappel technique
 - Travail annexe non énergétique (travail visuel, vestibulaire...)
 - Travail technique non énergétique en sport (shoot, passes, systèmes...)

V. La filière anaérobie alactique en pratique

Modalités IDR pour les séances de musculation (6'30 – 264kg) :



V. La filière anaérobie alactique en pratique

Modalités IDR pour les séances de musculation :

- Intensité :

- > à 80% de son 1RM
- Charge légère (0 à 70% de son 1RM) déplacées le plus vite possible

- Durée :

- Des temps de contractions courts correspondant aux paramètres de la filière
- > 80% de 1RM : 36 répétitions maximum au total sur des séries de 1 à 6 répétitions
- Charge légère rapide, au delà de 0.8ms : comme pour le sprint, arrêt de la séance si la vitesse se dégrade. Sur des séries ne dépassant pas 6 secondes d'efforts.

- Récupération :

- Récupération de nature **passive ou semi-passive**
 - Rappel technique
 - Travail annexe non énergétique (travail visuel, vestibulaire...)
 - Travail technique non énergétique en sport (shoot, passes, systèmes...)

V. La filière anaérobie alactique en pratique

L'importance de la vitesse chez les enfants

- La fenêtre optimale de la progression en vitesse gestuelle **s'arrête vers 15 ans**. Il est donc important que les enfants et adolescents aient pu faire de la vitesse pour développer ce facteurs au maximum.
- Le travail de vitesse est un moyen simple et ludique de faire travailler les jeunes en **force et en gainage dynamique**.
- La vitesse est aujourd'hui un facteurs de performance **dominant dans la majorité des sports**.
- Elle permet de développer la coordination.
- Il s'agit en parallèle de développer des capacités de « pied », de gainage et de technique important afin d'assurer une pratique optimale et sécuritaire.
- Le travail d'agilité est le meilleur moyen pour construire des **articulations fortes et résilientes**. Attention cependant à bien gérer la quantité et l'importance de changements de directions chez les adolescents en pleins pic de croissance.

V. La filière anaérobie alactique en pratique

Les différences enfants vs adultes

- Les enfants récupèrent **plus vite que les adultes** lors d'efforts anaérobie alactique. *(S.RATEL & al, 2005)*
- Cette récupération accrue s'explique par une **capacité moindre à stocker la Pcr et à l'utiliser**. *(S.RATEL & al, 2005)*
- Lors de ce type d'efforts, les adultes sont plus favorables à subir des **blessures myo-aponévrotique et tendineuse**. Les enfants, sont plus favorables à subir des **blessures osseuses et de déformations des cartilages de croissances**. Les adolescents sont dans un **entre deux**.
- Les adultes entraînés sont capables d'absorber un volume d'entraînement en sprint plus important que les enfants, surtout lorsque l'on y ajoute des changements de directions. Veillez donc bien à faire attention aux temps de récupération.
- Les enfants peuvent réaliser **la majorité de ce que font les adultes... Si et uniquement si, l'enfant ne se mets pas en danger à cause d'une mauvaise posture ou s'il n'a pas peur**.

Bibliographie

- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving Repeated Sprint Ability in Young Elite Soccer Players : Repeated Shuttle Sprints Vs. Explosive Strength Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf0223>
- Dawson, B. (s. d.). *Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training*. 7.
- Harris, R. C., Edwards, R. H. T., Hultman, E., Nordesj, L. O., Nylind, B., & Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflaegers Archiv European Journal of Physiology*, 367(2), 137-142. <https://doi.org/10.1007/BF00585149>
- Ratel, S., Williams, C. A., Oliver, J., & Armstrong, N. (2006). Effects of Age and Recovery Duration on Performance During Multiple Treadmill Sprints. *International Journal of Sports Medicine*, 27(1), 1-8. <https://doi.org/10.1055/s-2005-837501>
- Harris, R. C., Söderlund, K., & Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83(3), 367-374. <https://doi.org/10.1042/cs0830367>
- Kreider, R. B. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. In J. F. Clark (Éd.), *Guanidino Compounds in Biology and Medicine* (p. 89-94). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0247-0_13
- Thorstensson, A., Sjödin, B., & Karlsson, J. (1975). Enzyme Activities and Muscle Strength after "Sprint Training" in Man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 94(3), 313-318. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1975.tb05891.x>
- **La bible de la préparation physique**, D.REISS et P.PREVOT, Edition Amphora
- **Préparation physique du jeune sportif**, S.RABATEL, Edition Amphora
- **La prépa physique du jeune joueur**, A.BROUSSAL & L.DELACOURT, Edition 4Trainer