

## Stage sur le demi-fond en milieu scolaire

### Actualisation des connaissances

### Propositions pédagogiques et didactiques

Vendredi 26 Mars 2010 – 8h 17h

CREPS Antilles-Guyane

Intervenants: Karine Copaver, Patrick Torin

#### Plan

I – le demi-fond

II – les facteurs de performance en course de demi-fond

- A – Filières énergétiques et principes d'entraînement
- B – Facteurs techniques (foulée = stratégie)
- C – musculation

III – le jeune et le demi-fond

- A – Evolution des aptitudes physiques
- B – Répercussions du travail de demi-fond chez le jeune

Glossaire

#### I – le demi-fond

##### **A - définitions**

Les courses de demi-fond sont ainsi nommées parce qu'elles se disputent sur des distances intermédiaires comprises entre le sprint et le fond (de 800 m à 3 000 m). Les courses de demi-fond sont les suivantes : 800 m, 1 000 m, 1 500 m, mile (1 609 m), 2 000 m et 3 000 m. Seuls le 800 m et le 1 500 m sont au programme des jeux Olympiques (le 3 000 m ayant disparu des épreuves féminines à l'occasion des Jeux de 1996).

Cependant, on peut envisager le demi-fond en fonction des temps réalisés plus que des distances à parcourir si on utilise comme repère, les distances officielles.

##### **B - facteurs de la performance**

En course de demi-fond, la capacité de performance est traditionnellement associée à un groupe d'indicateurs physiologiques tels que la consommation maximale d'oxygène, la puissance maximale aérobie, le seuil anaérobie et l'économie de course. La vitesse moyenne pouvant être maintenue par un athlète lors d'une épreuve, estimée à l'aide du concept de vitesse critique est également un des facteurs de prédiction de la performance.

L'entraînement doit avoir pour objectifs de développer:

- La puissance anaérobie lactique
- La capacité anaérobie lactique
- La puissance aérobie
- La capacité aérobie

Mais d'autres facteurs de performance existent également, souvent oubliés et minorés, pourtant utiles dans l'amélioration de la performance :

Le travail technique, et le travail de musculation

#### II – Développement des facteurs de performance

##### **A - Les filières énergétiques, leur développement, et le demi-fond**

###### **a-Filières énergétiques**

Pour fonctionner, le muscle a besoin d'énergie. Pour produire cette énergie, le coureur utilise 3 types de filières qui agissent en synergie, s'influencent, s'autorégulent et sont donc étroitement liées. Elles sont activées à des niveaux différents selon la durée et l'intensité de l'effort

Selon le type d'effort, le pourcentage d'énergie fourni par les deux types de filières énergétiques varie.

Il apparaît que la filière anaérobie intervient autant, voir plus sur 800m, que la filière aérobie dans la production d'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

Contrairement aux longues distances (10kms, semi marathon, marathon,...), il est donc indispensable de développer conjointement ces deux filières énergétiques, chez le coureur de demi-fond 800m-1500m

### **La filière aérobie**

Elle fonctionne avec apport d'oxygène.

Moins efficace pour fournir une très grande quantité d'énergie sur une courte durée, mais théoriquement illimitée dans le temps.

En cas d'une augmentation de l'activité, il n'est pas toujours en mesure de s'adapter immédiatement. Le système anaérobie est alors sollicité dans une proportion plus importante pour satisfaire les besoins. Ce temps de latence est nécessaire au système aérobie pour qu'il puisse agir sur différents paramètres de l'organisme, afin d'augmenter la quantité d'oxygène disponible au niveau musculaire.

### **Les filières anaérobies**

Elles fonctionnent sans apport d'oxygène.

Elles permettent de fournir une très grande quantité d'énergie sur un temps très court. Elles interviennent lors d'efforts intenses et de courtes durées.

On distingue 2 types de filières anaérobies:

- La filière anaérobie alactique sans apport d'oxygène et sans production d'acide lactique

- La filière anaérobie lactique sans apport d'oxygène et avec production d'acide lactique

Le fonctionnement de la filière anaérobie lactique induit la production d'acide lactique. L'acidité au niveau musculaire augmente. Or un niveau d'acidité trop élevé a des effets néfastes sur l'activité du muscle. Le muscle a de plus en plus de mal à fonctionner, les jambes deviennent "lourdes". Les filières anaérobies peuvent intervenir immédiatement en cas de besoins énergétiques. Elles ne peuvent fonctionner longtemps à plein régime: 15" pour la filière anaérobie alactique (effort type sprint) et de 1'30" à 2' au maximum pour la filière anaérobie lactique (effort type 400m-800m)

## **b - Développement des filières**

### **Notion de puissance et de capacité**

La performance d'une filière énergétique peut être exprimée en terme de puissance et de capacité

**La puissance** de la filière correspond à sa faculté à produire une très grande quantité d'énergie sur un temps donné.

**La capacité** de la filière correspond à sa faculté à continuer de fonctionner efficacement dans le temps.

En prenant l'exemple du réservoir et du robinet d'eau, la capacité correspond au volume total du réservoir et la puissance au débit du robinet. Pour le coureur, l'idéal est de disposer d'un réservoir très volumineux et d'un robinet permettant un haut débit.

Plus la puissance (débit du robinet) est importante et plus l'intensité des efforts qu'elle permet est élevée. Plus la capacité (taille du réservoir) est grande et plus l'intensité des efforts peut être maintenue dans le temps.

Il est donc important de développer la puissance et la capacité des filières énergétiques afin d'espérer maintenir des efforts intenses le plus longtemps possible.

### **L'acide lactique**

Plus un athlète court vite, plus il produit de lactates. Ce simple constat justifie son utilisation dans le contrôle et le suivi de l'entraînement. Sa légitimité est d'autant plus grande que les performances réalisées en course de demi-fond et de fond sont, elles aussi, prévisibles à partir des taux de lactate relevés à l'entraînement. Pour certains auteurs, il serait un indicateur de la performance en endurance plus fiable que la consommation d'oxygène (Miller et Manfredi, 1987), la composition en fibres musculaires et l'économie de course (Farell, 1979).

### **Qu'est-ce que l'acide lactique ?**

En 100 ans de recherches, l'acide lactique est presque devenu un mythe. Montré comme responsable puis témoin de la fatigue, il est de plus en plus un indicateur utilisé pour évaluer l'impact d'un entraînement. Certains entraîneurs proposent même des systèmes d'entraînement complètement basés sur le niveau lactique atteint (voir pour exemple le livre de Nelson Cordner : "Courir").

La voie principale d'apport d'énergie à la cellule met en jeu la dégradation du glucose. Dans un premier temps, la molécule de glucose subit une série de réactions pour donner deux acides pyruviques au cours d'un processus appelé "glycolyse". Le devenir de l'acide pyruvique ainsi produit peut être double. Une partie est oxydée c'est à dire transformée en dioxyde de carbone et en eau au cours du cycle de Krebs se déroulant dans des conditions aérobies. L'autre partie est transformée en acide lactique sous le contrôle de la lactate déshydrogénase (LDH). Cette réaction réversible implique un transfert de protons H<sup>+</sup> des transporteurs NADH au substrat

Les seuils

Au début de l'exercice progressif, lorsque l'intensité est faible, la concentration sanguine de lactate [La]s s'accroît très légèrement tout en restant proche des valeurs de repos (environ 2 mmol/l). Avec l'augmentation d'intensité, [La]s augmente tout d'abord modérément puis de manière exponentielle. Le passage d'une lactatémie à peu près stabilisée à une élévation rapide des valeurs a donné naissance au concept de seuil lactique.

Avec l'entraînement, l'accumulation du lactate dans le sang se produit plus tardivement, c'est à dire à un pourcentage de VO<sub>2</sub>max plus élevé.

### **Les seuils lactiques**

Déjà en 1930, Owles définit l'intensité d'exercice au-dessus de laquelle le taux d'acide lactique dans le sang s'accroît rapidement alors que le taux de bicarbonate plasmatique baisse (tampons acides). A la suite de Owles, de nombreux chercheurs ont tenté d'objectiver le niveau d'exercice associé à l'augmentation rapide de la lactatémie.

■ **1ère approche : une élévation au dessus des valeurs de repos**

Hollmann (1959) définit la "limite aérobie de la performance en endurance" comme l'intensité maximale d'effort pour laquelle exceptée l'élévation initiale des cinq premières minutes, la lactatémie artérielle retombe aux valeurs de repos. Cette intensité représente un seuil au-delà duquel le taux de lactate augmente au-dessus de ses valeurs de repos. En 1982, Yoshida et al se réfèrent à cette définition pour déterminer le seuil lactique. Farrel et al (1979) objectivent davantage le passage à des valeurs supérieures au repos. Le seuil qu'il détermine correspond à une élévation de la lactatémie de 1mmol au dessus de la valeur basale. Il l'appelle OPLA abréviation de "Onset of Plasma Lactate Accumulation" que nous traduisons par début d'accumulation de lactate plasmatique.

■ **2ème approche : une valeur absolue**

Hagberg et Coyle (1983) appellent "Lactate threshold" (seuil lactique) l'intensité d'exercice induisant une lactatémie de 2,5mmol/l après dix minutes d'exercice. Kinderman et al (1979) nomment "anaerobic threshold (seuil anaérobie) la vitesse associée à une lactatémie de 4mmol/l.

■ **3ème approche : une élévation brutale**

Pour Sjödin et Jacobs (1981) le début d'accumulation du lactate sanguin ("Onset of Blood Lactate Accumulation" = OBLA) correspond à une brusque augmentation de la lactatémie repérée autour de 4 mmol/l.

En 1984, Aunola et Rusko reprennent le même concept et nomment seuil lactique (lactate threshold) une réalité bien différente du seuil lactique de Hagberg et Coyle puisqu'il s'agit cette fois du pourcentage de VO<sub>2</sub>max (consommation maximale d'oxygène) associé au début d'accélération de l'accumulation de lactate sanguin repéré entre 3,5 et 5mmol.

■ **4ème approche : un état stable maximal**

Afin d'éviter les problèmes liés aux protocoles progressifs, plusieurs chercheurs ont eu recours à des exercices réalisés à vitesse constante. Le seuil devient alors l'intensité d'exercice induisant un "état stable maximal de la lactatémie" (maximal steady state of blood lactate concentration : Chassain 1986 , Billat et al 1994c) ; un "état stable maximal" (maximal steady state : Londree et Ames 1975). En 1976, Mader parle de la "capacité d'endurance" comme d'une intensité maximale d'effort pour laquelle la lactatémie artérielle reste stable en fonction du temps, après une élévation initiale, alors que l'intensité de l'exercice est maintenue constante. Les valeurs des seuils ainsi repérés peuvent aller de 2,2mmol/l à 7mmol/l selon les athlètes.

■ **Et d'autres approches ....**

**Parmi toutes ces approches, la position la plus consensuelle semble être celle qui pose non pas l'existence d'un seuil privilégié mais d'une zone de transition conduisant d'une lactatémie limitée à une importante accumulation de lactate.**

## Les idées reçues

### - le lactate, un poison pour le muscle

Après avoir été produit, l'organisme ne peut se permettre de maintenir sur place une grande quantité d'acide lactique. Il doit en faire quelque chose.

L'élimination du lactate est assurée par plusieurs mécanismes :

- par sa transformation en glucose ou en glycogène (néoglucogenèse). 15 à 20% de la quantité totale du lactate est ainsi transformée en glycogène surtout au niveau du foie par le cycle de Cori.
- par oxydation en pyruvate : cette oxydation est la réaction inverse de celle donnant naissance au lactate. Elle est catalysée par l'isoenzyme LDH H. Elle se fait essentiellement au niveau des muscles et du myocarde. Elle représenterait pour ces deux structures une source importante d'énergie (Freund et Zouloumian 1987, Freund et al 1986, Brooks 1987)
- le reste est excrété principalement par le rein, accessoirement par la sueur.

A travers les mécanismes mis en jeu pour éliminer le lactate nous pouvons nous rendre compte que ce dernier contribue à la fourniture d'énergie via la formation de nouvelles molécules de glucose et via sa dégradation en présence d'oxygène. Nous touchons là au rôle énergétique que ce dernier peut jouer.

## **B – Facteurs techniques**

### α-La foulée

**On peut apprécier la technique de course à l'aide de la trajectoire du pied par rapport à la hanche**

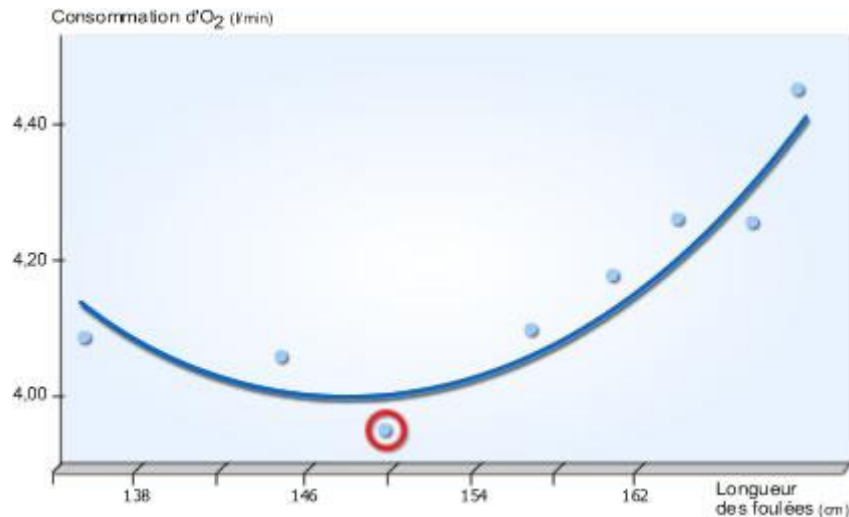
Les études consacrées à la forme de la foulée (Winter 1979, Blanqui 1982) ont largement bénéficié des observations du terrain (Piasenta, 1994 ; Pauly, 1991). Ces dernières ont mis en évidence le côté pragmatique et directement représentatif, pour l'entraîneur, de la trajectoire de la cheville autour de la hanche ( cyclographe ou poulain)

Il est possible de comparer les foulées de sprinters de coureurs de demi-fond et de fond, et ainsi d'appréhender des stratégies de rotation du pied vers une grande fréquence gestuelle ou vers une recherche d'économie de course.

Pour les épreuves de demi-fond, la fréquence du pas est inférieure ou égale à 3,5 pas par seconde. Cette fréquence correspond à un cycle de course le plus économique possible. Il convient alors de laisser remonter le pied sur la bosse arrière de la poulaine pour obtenir au point haut une énergie potentielle de pesanteur conséquente. Cette dernière permettra un retour du pied vers l'avant en utilisant peu d'énergie musculaire ;

## **La foulée optimale**

En 1952, Högberg a fait courir un athlète sur un tapis roulant à vitesse donnée en lui demandant de régler la fréquence de ses foulées sur un métronome puis en le laissant libre de choisir la longueur de ses foulées. Dans ce dernier cas, l'athlète choisissait la foulée la plus économique. Toute variation par rapport à la longueur choisie spontanément entraînait une augmentation importante de la dépense énergétique.



Influence de la longueur des foulées sur la consommation d'oxygène, lors d'une course à la vitesse de 16 km.h-1. Le point entouré d'un cercle indique la longueur des foulées spontanément choisie par le sujet (adapté de Högberg, 1952).

### **C – La musculation**

Les plus importants déterminants de la performance en course à pied sont la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max), l'endurance (qui est corrélée avec le positionnement du seuil lactique, SL) et l'efficacité de la foulée (EF). Il y a toutefois de bonnes raisons de croire que les qualités musculaires que l'on peut développer à l'aide d'un entraînement en musculation peuvent contribuer à améliorer la performance en course à pied.

#### **VO<sub>2</sub>max**

chez des sujets sédentaires, l'entraînement en musculation peut s'accompagner d'une amélioration de la consommation maximale d'oxygène

#### **Efficacité de la foulée**

L'efficacité de la foulée (coût en oxygène à une vitesse sous-maximale donnée) est un élément déterminant de la performance en course à pied. Il a été démontré que l'entraînement en musculation pouvait améliorer l'efficacité de la foulée de façon substantielle (4-8 %), ces améliorations ayant été observées lors de programmes de musculation qui utilisaient des méthodes pliométriques, des exercices reproduisant le geste sportif ou des exercices de musculation conventionnels (squats, etc.).

#### **Aptitude anaérobie et caractéristiques neuromusculaires**

L'entraînement en musculation permet d'améliorer l'aptitude anaérobie et les caractéristiques neuromusculaires de façon significative. Aussi, les résultats de récentes recherches suggèrent que les coureurs de fond et de demi-fond peuvent améliorer leur performance de façon substantielle, en incorporant la musculation dans leur programme d'entraînement.

#### **Impact du type d'exercice de musculation sur la performance en endurance**

Plusieurs méthodes de musculation existent et sont susceptibles d'être utilisées par les athlètes.

**L'entraînement par circuit** : Ce type d'entraînement, où des exercices de musculation variés sont enchaînés et où chaque série d'un exercice est généralement suivie d'une courte période de récupération (~ 30 s), permet d'améliorer la performance en endurance chez des personnes sédentaires ou peu actives, mais pas celle d'athlètes entraînés.

**L'entraînement pliométriques ou utilisant des mouvements explosifs** permet d'améliorer de façon significative l'efficacité de la foulée et la performance sur 5 km.

### **Conclusion**

L'entraînement en musculation (excepté l'entraînement par circuit) permet donc d'améliorer l'aptitude anaérobie et des caractéristiques neuromusculaires chez des athlètes entraînés, sans impact négatif sur les variables physiologiques traditionnellement associées à la performance dans des épreuves prolongées, comme par exemple le VO<sub>2</sub>max.

III – le jeune et le demi-fond

### **α-Généralités**

Le biologiste est confronté à des problèmes méthodologiques concernant l'entraînement des qualités physiques de l'enfant et de l'adolescent. Pour connaître précisément les effets de l'exercice, voire de l'entraînement, sur des organismes biologiquement immatures (en croissance), il est souhaitable de faire appel à :

- 1) des études longitudinales ! (mais elles sont peu fréquentes au profit des études transversales).
  - 2) des études incorporant des jumeaux homozygotes (l'un entraîné, l'autre restant sédentaire). Ceci est peu réalisé.
  - 3) des études qui posent des problèmes d'éthiques dans leur réalisation " pousser " un enfant à son maximum c'est-à-dire jusqu'à épuisement ou encore faire des biopsies !
- Ces expériences ne se trouvant pas dans la littérature scientifique faire attention aux interprétations abusives, même s'il est clair pour tous les biologistes qu'il apparaît des similitudes entre les adaptations manifestées à l'exercice-entraînement par les enfants-adolescents et celles des jeunes adultes !

## **b- Développement et entraînement**

La faible capacité de glycolyse anaérobie est compensée par une plus grande capacité à utiliser le métabolisme oxydatif (plus forte proportion d'enzymes oxydatifs par rapports aux enzymes glycolytiques donc meilleure assimilation des acides gras que chez l'adulte d'où une économie plus importante des réserves de glucose). De plus, le nombre de mitochondries est plus élevé chez l'enfant que chez l'adulte.

### **Un métabolisme aérobie ultra performant**

L'enfant pré-pubère (avant l'adolescence) dispose d'un métabolisme aérobie très développé en comparaison à son métabolisme anaérobie. Il atteint plus rapidement une consommation d'O<sub>2</sub> stable, il récupère plus vite entre 2 efforts, il dispose d'une endurance exceptionnelle. **L'enfant peut enchaîner les exercices et les activités avec une grande facilité.**

La participation de très jeunes enfants à des marathons ou à des courses de longue durée, l'amélioration constante des performances dans les catégories de jeunes montrent bien que l'enfant et le jeune peuvent très bien être entraînés dans le domaine aérobie. Toutefois, il faut remarquer que l'ossification des articulations du pied, du genou, de la hanche n'est pas terminée avant l'âge de dix sept - dix huit ans... !!! Le jeune atteint sa VO<sub>2</sub> max pour une fréquence cardiaque de 195p/mn et une concentration lactique de 6 mmo/lactate ( d'après **KEUL**, 1970)

**Il n'est donc pas dangereux, sur le plan physiologique, de solliciter cette filière chez l'enfant, contrairement aux présumés (pas de danger particulier au niveau cardiaque) ! La prudence doit cependant être de mise sur le plan psychologique : le caractère éprouvant de ce type d'exercice induit des performances précoces mais aussi une carrière de longévité réduite. De plus des traumatismes ostéo-articulaires peuvent subvenir (fort impact sur le sol) si l'entraînement n'est pas bien dosé.**

### **Des tissus fragiles.**

Les tissus qui grandissent et se développent sont d'autant plus fragile que leur vitesse de croissance est rapide. Les muscles, les tendons, les ligaments, les os, les structures articulaires sont donc plus fragiles chez l'enfant.

**un enfant et un adolescent en pleine croissance supporte moins bien que l'adulte les sports traumatisants comme la course à pied. Ces tissus musculaires, osseux, ligaments, tendons ont besoins d'un délai de repos plus important.**

### **Un entraînement en force possible**

On a longtemps dit que l'enfant pré-pubère était incapable d'augmenter sa force en raison de son déficit en

Chez les filles et les garçons : des études récentes démontrent le contraire à condition de respecter 2 principes : 1/ spécificité du mouvement/groupe musculaire testé ; 2/ charge de 50-100% (environ 10 répétitions)

En contradiction avec des études 1978 (maintenant controversées), l'entraînement pré pubertaire augmenterait la Force de 20 à 45% (avec des séries à 10 RM pendant 9 semaines) mais sans s'accompagner d'une augmentation du volume musculaire (faible présence des hormones sexuelles) -Webb 1990 .....

Chez l'enfant pubère : augmentation de la force sans hypertrophie ; on remarquera que les entraînements combinés de l'endurance aérobie et de la force ne nuisent pas au gain d'endurance, mais limitent le gain de force, surtout la force explosive.

Les gains de force exprimés en % sont quelque fois plus importants chez les enfants prépubères /enfants en puberté ! Il n'y a pas de raisons biologiques pour ne pas entreprendre l'entraînement en force avant la puberté / ou pour ne pas pratiquer au collège des exercices qui reposent sur cette qualité (lancer de poids en 6ème).

**Les risques sont réels (fractures épiphysaires).** Mais la croyance selon laquelle : la musculation retarderait la croissance et serait dangereuse du point de vue cardiaque est sans fondement scientifique !

## **Glossaire**

### **VO<sub>2</sub>max:**

La consommation maximale d'oxygène ou Vo<sub>2</sub>max est la quantité d'oxygène que l'on peut utiliser lors d'un effort maximal, qui amène à l'épuisement en 4 à 8 minutes. Elle peut être mesurée en laboratoire. Elle détermine de façon directe les performances du 1500 au 5000m, et elle est également très importante sur des distances plus longues. .

### **Vitesse maximale aérobie (VMA):**

C'est la vitesse de course qui correspond à la consommation maximale d'oxygène. Elle peut être calculée à partir d'une formule, si l'on connaît VO<sub>2</sub>max, ou bien déterminée sur le terrain à partir d'un test (léger-Boucher) ou à partir du temps sur 3000m. Elle s'exprime en km/h ou en m/mn.

### **L'endurance:**

L'endurance est la capacité à utiliser un pourcentage élevé de votre VO<sub>2</sub>max sur des distances longues. La perte partielle résulte de la baisse des réserves de glycogène d'une part, et de l'aptitude à utiliser les acides gras d'autre part. Il y a donc 2 types d'endurance:

- 1)- L'endurance "Glycogène" qui est proportionnelle aux stocks de glycogène constitués.
- 2)- L'endurance "pure" qui est la capacité à brûler efficacement les graisses.

La somme: endurance "Glycogène" + endurance "Pure" étant l'endurance "Globale"  
Le déficit en glycogène est nul pour les distances inférieures à 3000m. Au dessus il intervient comme facteur limitant de la performance, surtout pour les distances comprises entre 20 et 42km, où il peut survenir un épuisement complet; (mur du 30ème km). Au-delà du marathon son importance diminue, et ce, au profit de l'endurance "Pure". L'importance de l'endurance "Pure" se manifeste au-delà de 3000 m et ne cesse d'augmenter progressivement jusqu'à 100 km et plus.

**Endurance fondamentale** se situe entre 60 et 70% de votre VO<sub>2</sub>max. L'allure en endurance fondamentale constitue la base de tout entraînement de fond et demi-fond. Elle doit y garder une place prépondérante. Elle participe à

l'amélioration générale de l'endurance. Les séances en endurance fondamentale s'insèrent entre les séances plus spécifiques et constituent les phases d'échauffement et de retour au calme des séances intensives.

**Endurance active** : se situe dans la fourchette 70% de votre VO<sub>2</sub>max et jusqu'au seuil aérobie. Courir à cette allure contribue à l'amélioration de l'endurance "globale", insérée dans une séance longue, elle améliore l'endurance "Glycogène": entraînement par séances de 20' à 1 heure en continu, ou entrecoupées de pauses de quelques minutes.

**Endurance fondamentale et endurance active sont des allures d'entraînement, alors qu'endurance "glycogène" et endurance "globale" sont des termes d'aptitudes physiologique**

**Allure au seuil aérobie** : se situe à la limite entre l'endurance et la résistance. Courir à cette allure conduit à l'amélioration conjuguée de l'endurance et de VO<sub>2</sub>max.

**Vitesse maximale aérobie (vma)**: Le travail en vma vise à améliorer la consommation maximale d'oxygène. Il consiste à effectuer des répétitions de 200 à 1000m avec des temps de repos inférieurs à ceux de l'effort et calculés de façon à ne permettre qu'une récupération semi-complète.

**ATP** : = Adénosine TriPhosphate : c'est la seule molécule énergétique utilisable pour la contraction musculaire. Sa dégradation (par hydrolyse) libère l'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

**Enzymes glycolytiques** : Enzymes qui participent à l'étape de la glycolyse ; parmi celles ci : PhosphoFructoKinase = PFK et Lactate DésHydrogénase = LDH.

**Fermentation lactique** : En absence d'O<sub>2</sub>, le pyruvate va se transformer en lactate (= acide lactique = CH<sub>3</sub>-CHOH-COOH). Ce milieu acide dans la cellule va progressivement bloquer la contraction cellulaire (avec des sensations de brûlures) ; Cette transformation ne permet pas la synthèse d'ATP.

**Fibre 1** : Fibre musculaire lente dite aussi fibre rouge (très vascularisée et présentant beaucoup de mitochondries).

**Fibre 2a** : Fibre musculaire rapide dite aussi fibre blanche (peu de capillaires).

**Fibre 2b** : Fibre mixte dont les structures et les fonctions sont intermédiaires des fibre 1 et 2a. Elle pourrait se transformer sous l'effet de l'entraînement en fibre 2a.

**Glycogène musculaire** : Stockage dans la cellule musculaire d'une chaîne ramifiée de molécules de glucose.

**Glycolyse** : 1ère étape de dégradation cellulaire du glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) en 2 pyruvate (CH<sub>3</sub>-CO-COOH). Cette étape qui se déroule sans utilisation d'O<sub>2</sub> permet la synthèse de 2 mols d'ATP pour 1 mole de glucose.

**Oxydations lipidiques** : En présence d'O<sub>2</sub> et si l'effort demandé n'est pas trop intense, les lipides (acides gras) vont servir de substrat énergétique. Leur oxydation est longue dans le temps mais la quantité d'énergie ainsi libérée est très importante (par ex : la dégradation d'une mole d'acide gras permet la synthèse de 129 mols d'ATP)

**Oxydations respiratoires** : En présence d'O<sub>2</sub>, le pyruvate va progressivement se dégrader en CO<sub>2</sub> et en H<sub>2</sub>O en libérant une grande quantité d'énergie qui va permettre la synthèse de 34 ATP ; cette 2nde étape a lieu dans les mitochondries de la cellule musculaire.

**Quotient Respiratoire** : Rapport du CO<sub>2</sub> expiré sur l'O<sub>2</sub> inspiré ; C'est un indicateur (en laboratoire) de la nature du substrat énergétique utilisé : quand le QR tend vers 1 : les glucides sont, très majoritairement et de plus en plus, utilisés pour créer de l'énergie. Quand le QR tend vers 0,7, alors les lipides sont, très majoritairement et de plus en plus utilisés. Quand le QR tend vers 0,83, alors le substrat énergétique est mixte et peu même dans certaines conditions associer les protides. Quand le QR est supérieur à 1 : en plus des glucides, des produits organiques sont utilisés...comme les lactates.

**La vitesse critique** : la vitesse maximale pouvant être maintenue par l'athlète sur différentes distances sans provoquer de fatigue excessive, associée au développement inexorable d'une acidose métabolique.

Petit rajout que j'ai abordé oralement:

Pour développer la capacité, on propose des exercices continus à une intensité sous maximale.

Pour développer la puissance à l'inverse, on propose des exercices courts de type intermittent à des intensité maximales et supra maximales.