université PARIS-SACLAY | FACULTÉ DES SCIENCES DU SPORT

L2 ES
Performance sportive et qualités physiques & prévention du sportif

CM9 Développement des qualités anaérobies lactiques

Céline TRIOLET

Introduction

- Cette filière se caractérise par des efforts réalisés à une intensité maximale et sur une durée maximum de 45”. Progressivement, au-delà de 15” d’effort, le joueur ne peut pas maintenir sa vitesse maximale absolue de déplacement mais doit conserver un engagement total dans l’effort pour garder la plus grande vitesse possible. Les exercices qui améliorent cette qualité sont donc particulièrement éprouvants pour l’organisme aussi bien sur le plan physique que sur le plan de la volonté.

Plan du cours

- 1. Définitions
- 2. Rappels physiologiques
- 3. Méthodes de développement
- 4. Les limites de la filière anaérobie lactique
- 5. Périodes de développement

1. Définitions

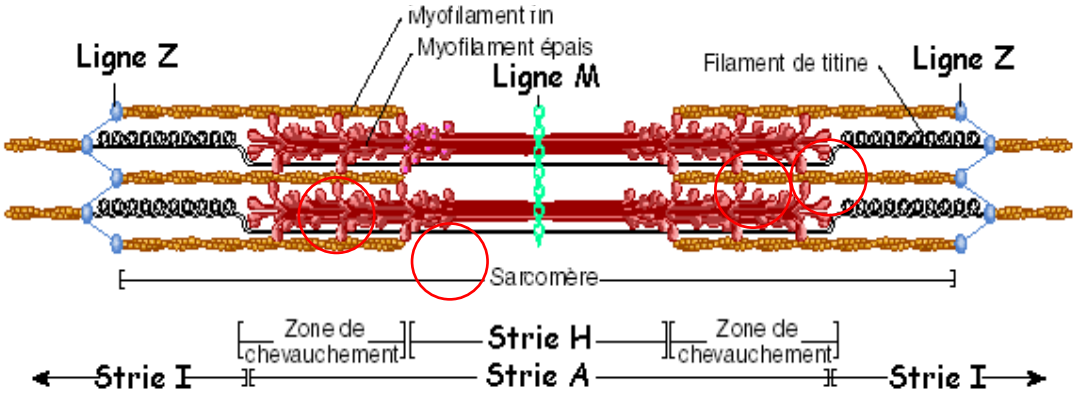
- Filière anaérobie lactique: elle intervient en absence d'oxygène et avec production de lactates
- Cette filière renvoie à la notion de travail de résistance, c'est à dire, la faculté à réaliser des efforts intenses d'une durée importante malgré une forte acidose.
- Résistance = qualité permettant de réaliser un effort d'intensité élevée à très élevée

2. Rappels physiologiques

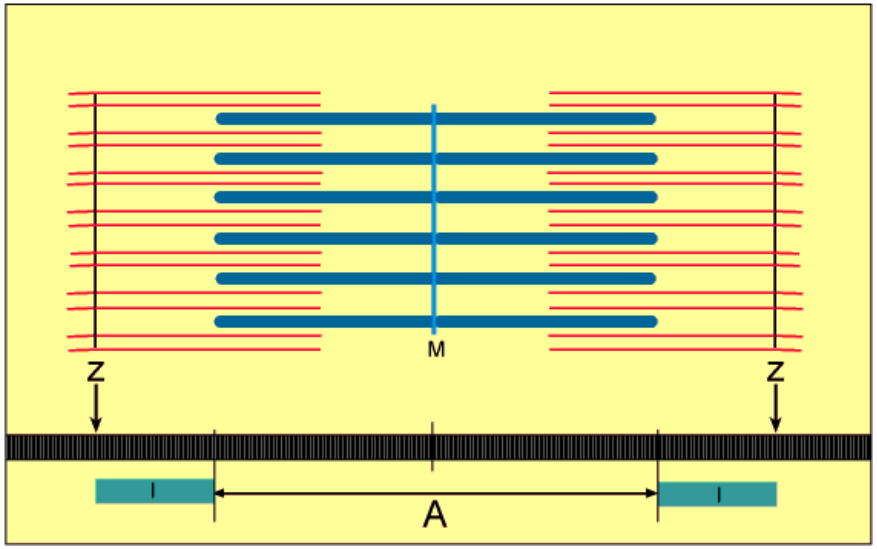
RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr

Les sources d'énergie de l'exercice musculaire



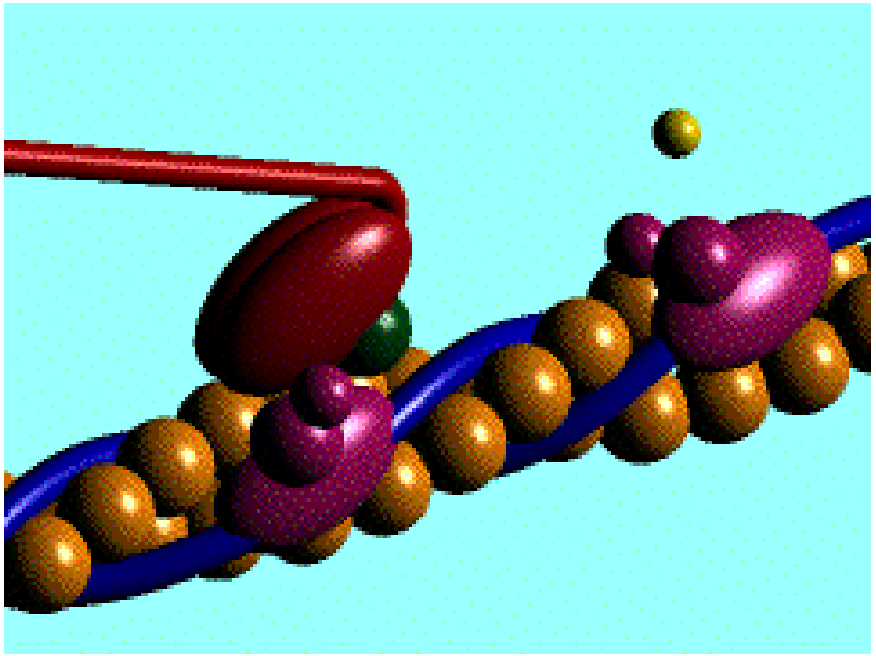
Hugh Huxley
1954



Rôle de l'ATP dans la contraction musculaire

RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr



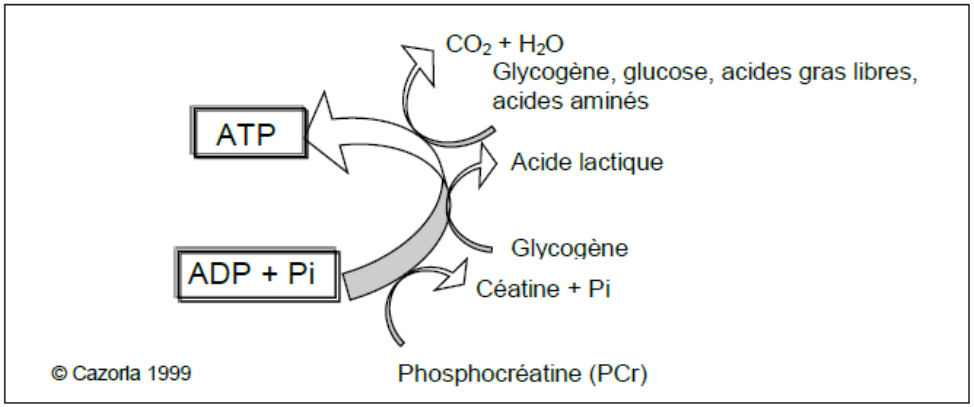


Figure 5 : Rôle des réserves énergétiques dans la phosphorylation de la molécule d'ADP permettant le turn-over constant de l'ATP.

L'ATP est la seule molécule capable de fournir directement de l'énergie au muscle,

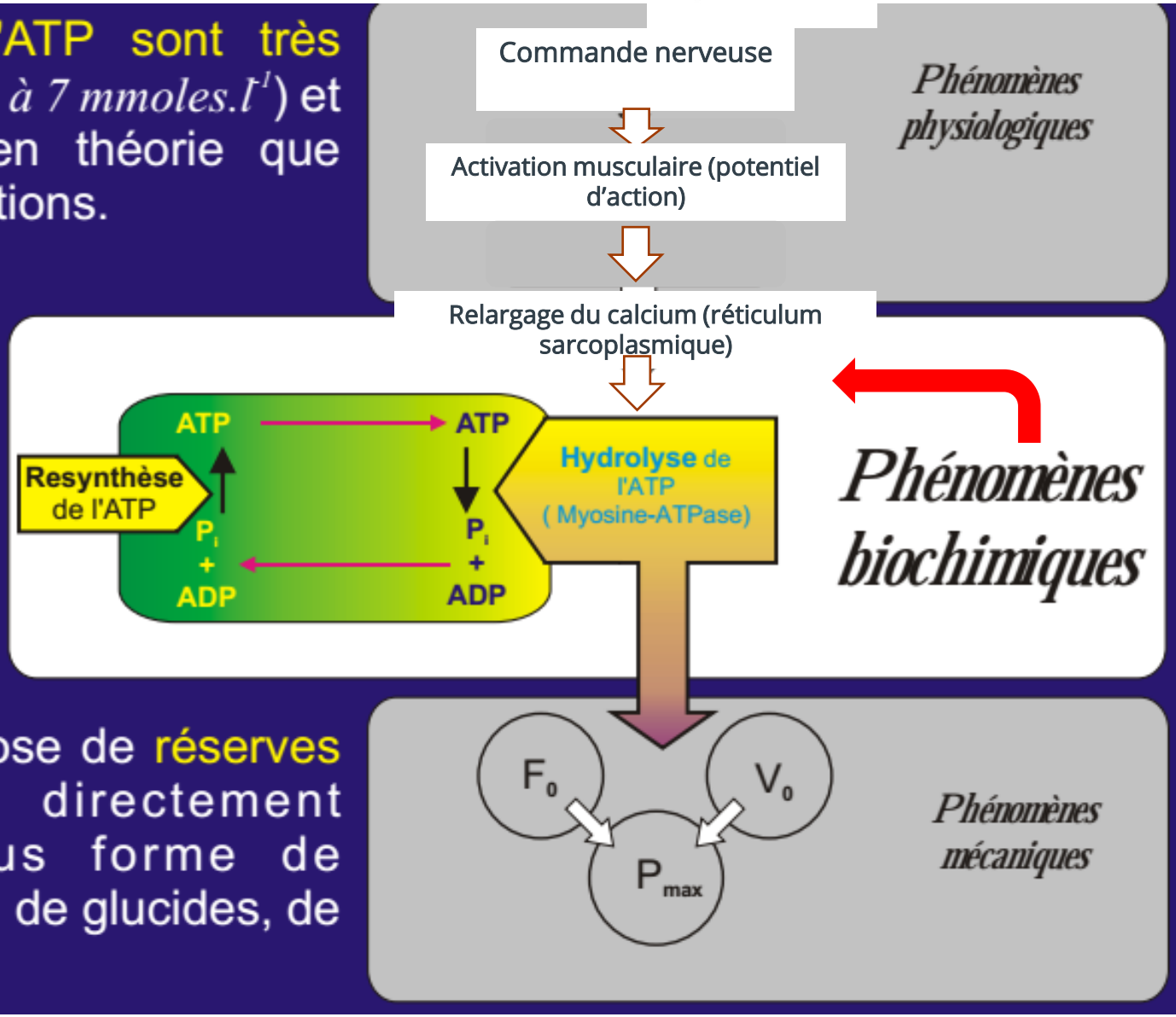
zakaria.labsy@u-psud.fr

RAPPEL

Les réserves d'ATP sont très faibles (*environ 4 à 7 mmoles.l^{-1}*) et ne permettent en théorie que quelques contractions.

La poursuite de l'exercice exige la resynthèse de l'ATP.

Le muscle dispose de réserves d'énergie non directement utilisable, sous forme de phosphocréatine, de glucides, de lipides.

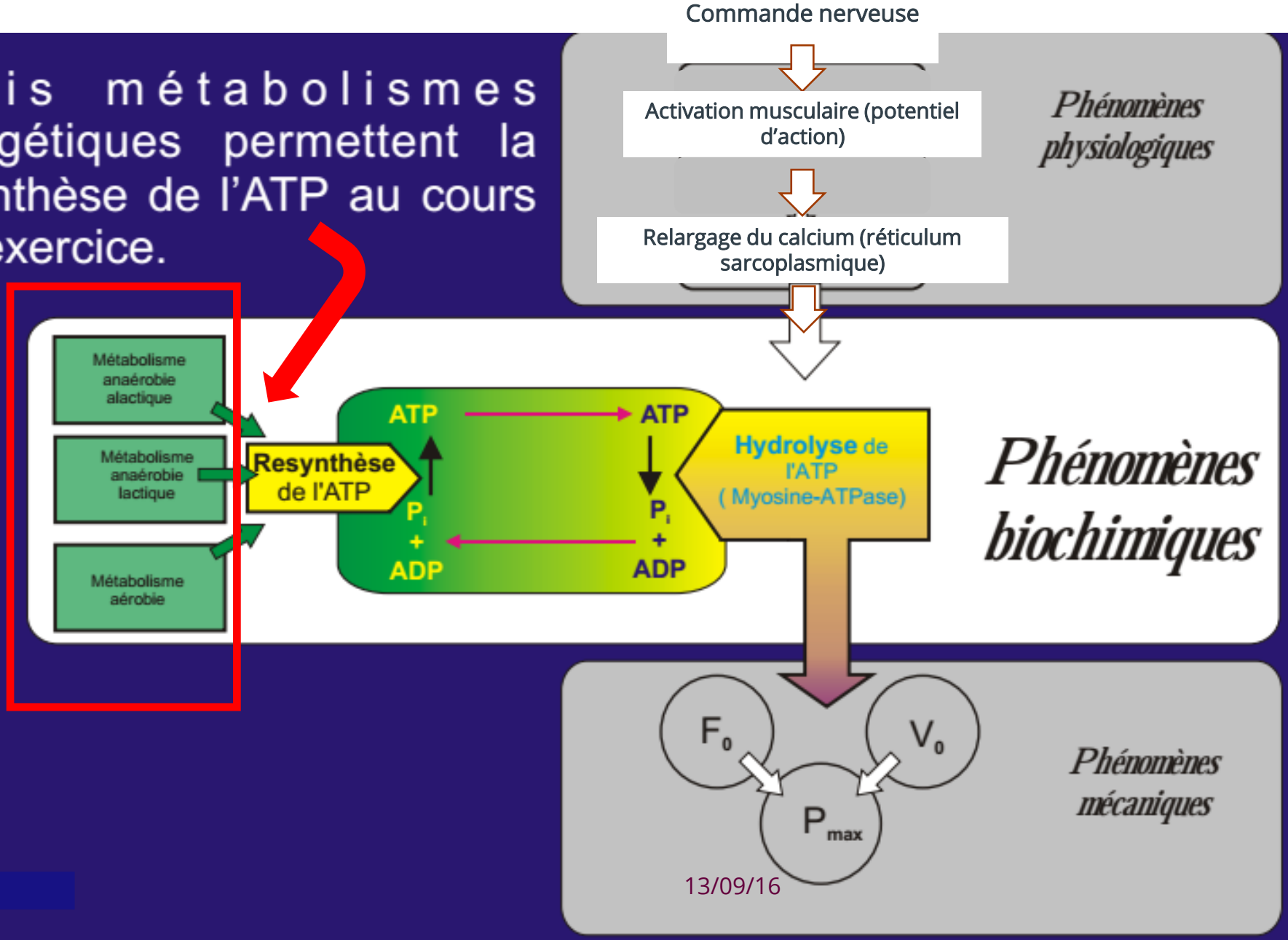


Les métabolismes énergétiques

RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr

Trois métabolismes énergétiques permettent la resynthèse de l'ATP au cours de l'exercice.



Les métabolismes énergétiques

RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr

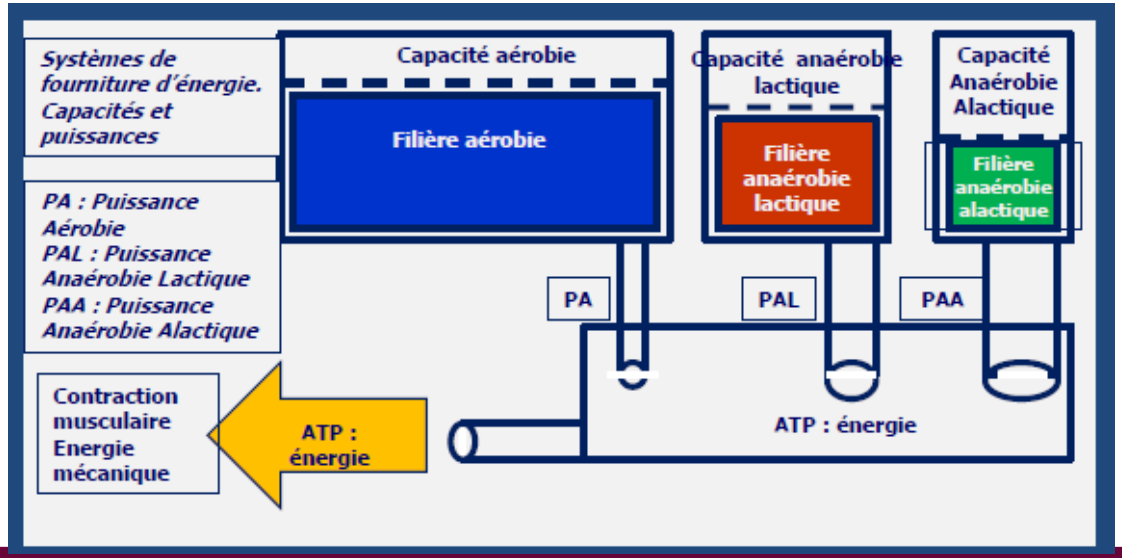
Le Muscle n'est pas *producteur* d'énergie mais *transformateur* des réserves en énergie (Métabolisme veut dire « transformation »)

Les 3 métabolismes de l'organisme humain :

Aérobie : l'énergie provient de la combustion des lipides et des glucides grâce à l'O2

Anaérobie lactique : En l'absence d'O2, le glucose libère de l'énergie avec production de lactates

Anaérobie alactique : l'énergie provient de la transformation de la créatine phosphate stockée dans les muscles



Métabolisme anaérobie lactique

RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr

réactions biochimiques

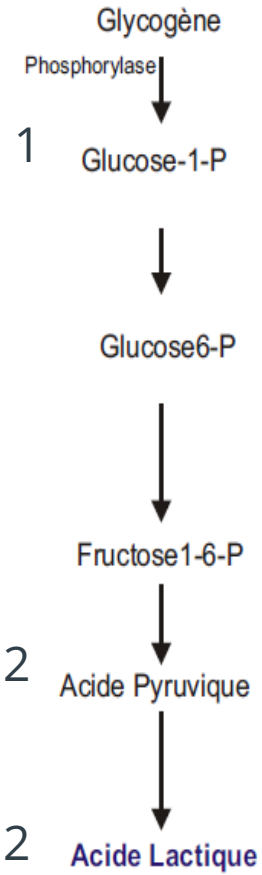
Le métabolisme anaérobie lactique consiste en la **fermentation du glucose sans intervention de l'oxygène** d'où le nom de **glycolyse** (dégradation du glucose) **anaérobie** donnée à ce métabolisme.

Les réserves de glycogène sont constituées d'environ 150 g de **glycogène hépatique** et 400 g de **glycogène musculaire**.

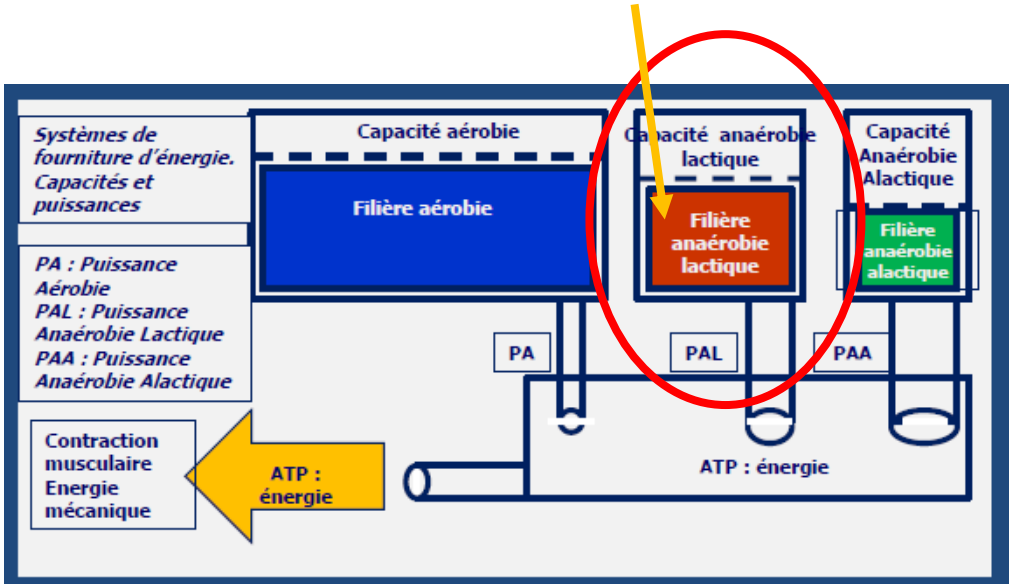
Glucose total
(sang, liquides..)
25 g

Glycogène
(foie, muscles, coeur...)
550 g

Glusose mobilisable **< 600 g**



Capacité de la filière anaérobie lactique

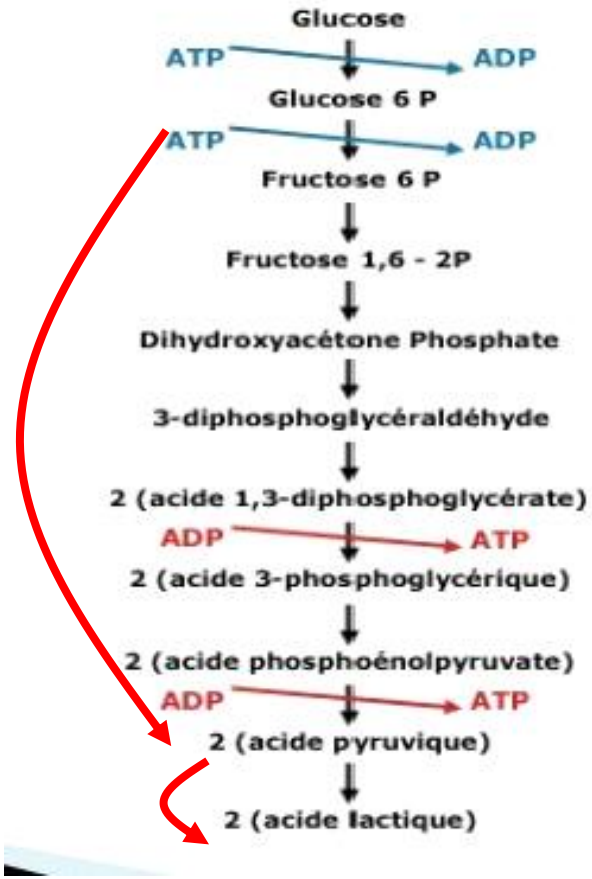


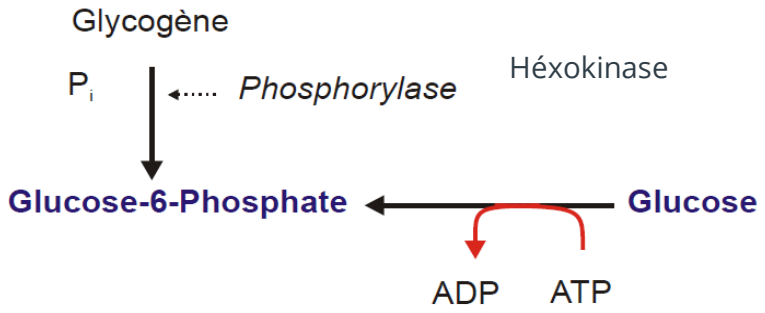
Métabolisme anaérobie lactique

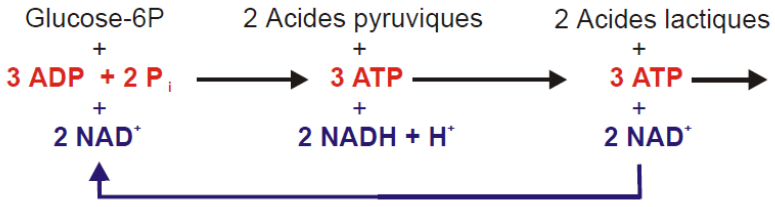
réactions biochimiques

RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr







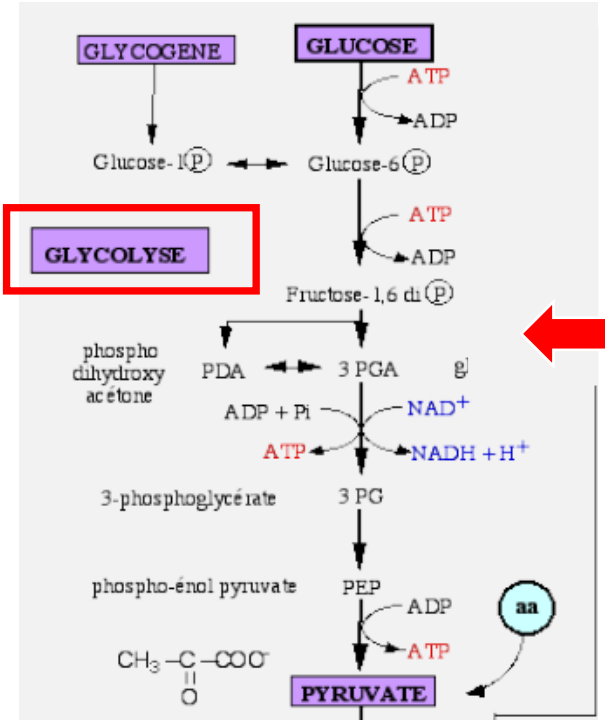
RAPPEL

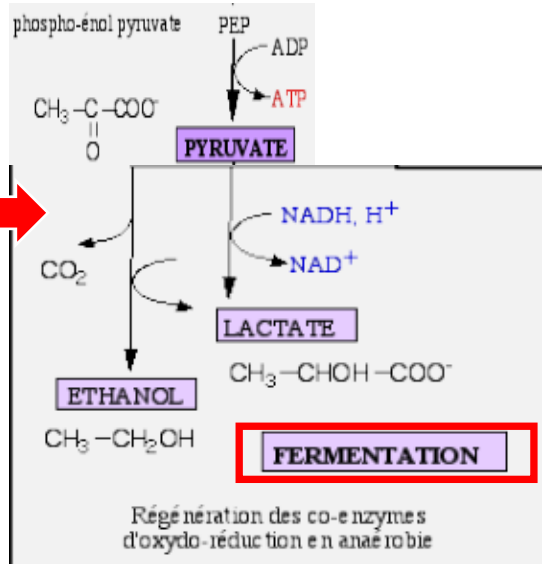
zakaria.labsy@u-psud.fr

Cytoplasme

Glycolyse

Fermentation



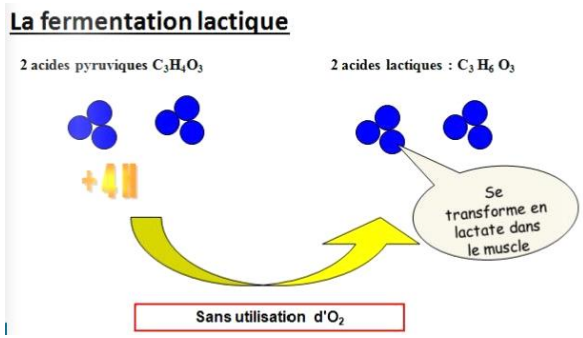


• Bilan de la Glycolyse : 1 Glucose —> 2 pyruvate + 2 ATP + 2 NADH

• Bilan de la Fermentation : 1 Glucose —> 2 lactate + 2 ATP

accélérée par l'enzyme
Lactico-DésHydrogénase :

Acide pyruvique LDH Acide lactique



Bilan de la glycolyse anaérobie :

Glycogène au départ : + 3ATP
Glucose au départ : + 2 ATP

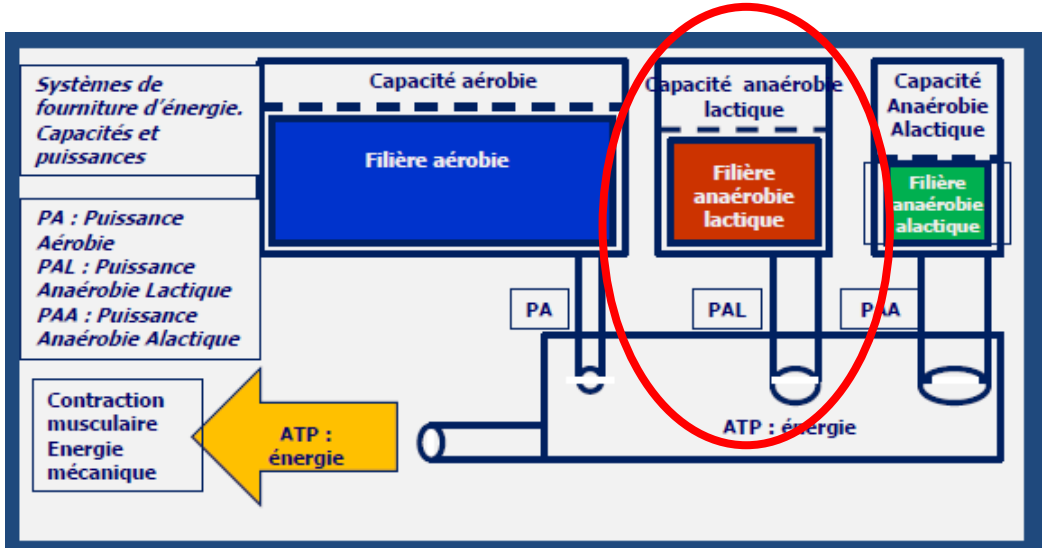
Les métabolismes énergétiques

La voie Anaérobie lactique (AL)

RAPPEL

zakaria.labsy@u-psud.fr

L'oxygène n'intervenant pas dans les réactions (anaérobie) il y a production d'acide lactique lié au système de fermentation.



Inertie : faible
Puissance : élevée
Capacité de travail : faible
Démarrage : court
Distance parcourue : moyenne

2. Rappels physiologiques
Bilan

- La filière anaérobie lactique utilise le glycogène musculaire dégradé au cours de la glycolyse anaérobie jusqu'au stade du pyruvate puis du lactate. Le délai de mise en route est bref, au plus quelques secondes, le taux de créatine phosphate musculaire diminuant suffisamment pour lever l'inhibition des enzymes allostériques de la glycolyse. Faute d'apport suffisant en O2, les corps réduits formés ne peuvent être oxydés : pour éviter leur accumulation en excès, ainsi que celle du pyruvate, un ion H+ est transféré au pyruvate, le transformant en lactate.

- 2.1 Puissance maximale.

- Elle peut atteindre 2 à 5 kW ; elle peut être soutenue une vingtaine de secondes, couvrant de façon prépondérante, avec la filière anaérobie alactique, les exercices maximaux d'une quarantaine de secondes. Au-delà, la puissance est sous maximale avec participation progressive, prépondérante au-delà de 1.5 min environ, de la filière aérobie.

- 2.2 Capacité maximale.

- Elle est limitée davantage par la diminution du pH dans le muscle que par les réserves de glycogène, qui sont cependant utiles à augmenter chez le sportif de haut niveau.

FILIERE ANAEROBIE LACTIQUE

Capacité	Puissance	Délai d'intervention	Durée de récupération	Exemples dans les APSA
Faible = la limitation de la durée de l'effort ne provient pas d'un manque de substrat (glycogène), mais de la baisse du pH cellulaire (acidose liée à l'accumulation d'ions H^+). Elle est proportionnelle à la concentration max. de lactate tolérée par l'organisme[1] : sédentaires : 14-17 mmol/l de sang soit environ 75 kJ haut niveau : jusqu'à 30 mmol/l soit environ 150 kJ	Importante = environ 8-9 W/kg pour un effort de 30 sec., et 6-7 W/kg pour un effort d'une min. (Medbo et Tabata, 1989)	Très rapide = il faut quelques secondes (< 5 sec.) pour que la puissance maximale de ce métabolisme soit atteinte	Assez rapide = elle consiste à retrouver les valeurs de repos d'acide lactique c-a-d 1 à 2 mmoles/l de sang. Cette récupération n'est pas linéaire : 50% d'élimination après 15 min., et 100% après 1 h [2].	Efforts max. de 30 sec. à 2 min. 400 m en athlé. escalade de vitesse 100 m en natation **En cyclisme** : Km sur la piste Race BMX Sprints longs Train de sprint

Tableau récapitulatif des filières

Caractéristiques/Filières	Anaérobie Alactique	Anaérobie Lactique	Aérobie
Substrats énergétiques	ATP Phosphocréatine	Glucose	Glucose Acides Gras
Métabolites (hors chaleur)	ADP Créatine	H+ Acide Lactique	CO2 H2O (urée)
Bilan énergétique par molécule de substrat	1 ATP	2-3 ATP / Glycosyl	>36 ATP/Glycosyl
Présence d'oxygène	Non	Non	Oui
Réserves d'énergie	Muscle	Muscle	Muscle Tissus adipeux
Type de fibre musculaire	IIA IIB rapides	IIA et IIB rapides – blanches – glycolytiques – phasiques	I et IIA I : rouges – lentes – toniques
Durée des épreuves couvertes	0 à <20 sec	20 sec à <2mn	2mn à plusieurs heures
Capacité (quantité d'énergie)	15 à 30 kJ	100 à 200 kJ	1 à 400 mJ
Débit (puissance)	4 à 12 Kw	3 à 8 Kw	0.8 à 1.7 Kw
Exemples d'exercices	Force Vitesse	Résistance	Endurance
Exemples d'épreuves sportives	Haltérophilie – 100m plat – Lancer – Saut	400m plat – 100 m natation – km (vélo)	du 1500 m au marathon
Facteur limitant la puissance	Neuromusculaire	Activités enzymatiques	Débit cardiaque – masse musculaire
Facteur limitant la capacité	Phosphocréatine	pH – Lactate	Glycogène musculaire
Délai de récupération	2 à 10 mn	1h et plus (lactate)	Quelques heures à quelques jours

3. Méthodes de développement

- Afin d'améliorer le fonctionnement de cette **filière anaérobie lactique**, il faut augmenter la capacité musculaire à supporter ce seuil d'acidose et donc rendre plus efficace le recyclage du lactate.
- L'intensité des exercices devra être le plus proche possible du maximum afin de faire paraître une fatigue musculaire importante. Les muscles seront ainsi soumis à une concentration importante d'acide lactique.

3. Méthodes de développement
A. La puissance anaérobie lactique

- Intensité maximale et soutenue pendant toute la durée de l'effort (=intensité maximale du moment)
- Durée: entre 15 et 45" ce qui correspond aux limites des processus précédant et suivant
- Forme fractionnée en décroissance régulière ou pyramides montantes puis descendantes
- Récupération: type peu actif (ex marche) et durée variable en fonction de l'effort; 3 à 6' entre les répétitions et 6 à 10' entre les séries (= récupération partielle mais suffisante; objectif: s'habituer au travail en situation d'acidose)
- Quantité de travail: le repère est l'effondrement de l'intensité de course; on préconise de 1 à 2 séries de 3 à 6 répétitions
- Travail extrêmement éprouvant réservé aux athlètes confirmés
- Ex 1: 2 x (250/200/150), R=3'entre répétition et 6' entre les 2 séries
- EX 2: 150m+200m+250m+300m+250m+200m+150m R=5'

3. Méthodes de développement
B. La capacité anaérobie lactique

- Intensité entre 85 et 95% du maximum
- Durée entre 45” et 3’ en fonction de l’intensité (ne pas dépasser 3’ sinon le processus aérobie prend le relais et on assiste à une chute de l’intensité)
- Formes pyramidales montantes et descendantes
- Récupération passive (pour ne pas éliminer les déchets); durée de 2 à 8’ (assez courte entre les répétitions et plus longues entre les séries) -> il faut qu’elle soit incomplète pour travailler en acidose
- Quantité de travail importante (ne pas dépasser 10 répétitions) et maintenir une intensité élevée (+ de 85%)
- Ex 3 x (500+200), R=1’30 entre les répétitions et 8’ entre les séries

4. Facteurs limitants

- Ce n'est pas le manque de glucose qui empêche la contraction musculaire de se poursuivre. Il y en a assez en stock. C'est au contraire, l'accumulation au niveau musculaire des produits de la désagrégation du glycogène, et notamment l'acidification qu'ils provoquent, qui vient bloquer les contractions musculaires. Et donc l'impossibilité de poursuivre l'exercice.
- L'entraînement provoque des adaptations métaboliques qui permettent aux groupes musculaires de mieux tolérer de fortes concentrations d'acide lactique.

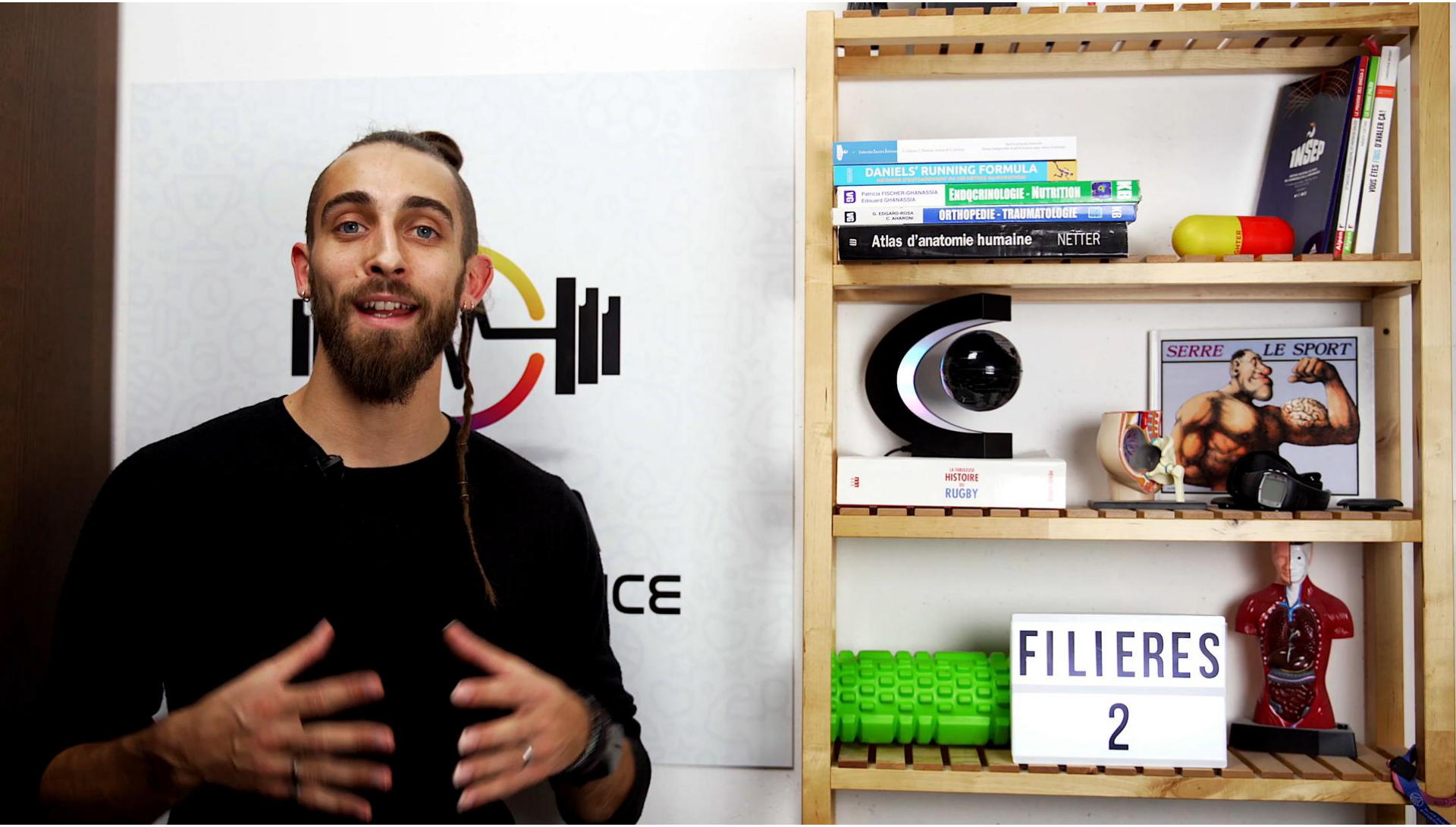
5. Périodes de développement

- Le travail lactique impose des sollicitations physiques et physiologiques importantes et n'est pas recommandé pour les adolescents avant la puberté et encore moins pour les enfants
- Il existe chez l'enfant et le jeune adolescent une immaturité du fonctionnement de la glycolyse due notamment à une plus faible activité des enzymes clés du métabolisme anaérobie lactique. Selon Eriksson et al. (1973) l'activité de la PFK et de la LDH est trois fois plus faible chez l'enfant de 11-13 ans par rapport à l'adulte + des réserves de glycogène réduites (Eriksson et Saltin, 1974).

5. Périodes de développement

- La période privilégiée pour le développement de cette qualité se situe après le déclenchement de la puberté, soit 13-14 ans pour les filles et 14-15 ans pour les garçons car avant, l'organisme n'est pas physiologiquement prêt.
- Progressivement, l'entraînement visera à retarder l'accumulation de l'acide lactique et à augmenter le seuil de tolérance de l'organisme à cette concentration

ENDOCRINOLOGIE - NUTRITION
ORTHOPEDIE - TRAUMATOLOGIE
Atlas d'anatomie humaine
NETTER
HISTOIRE DU RUGBY
FILIERES


DANIELS' RUNNING FORMULA
Patricia FISCHER-GHANASSIA
Edouard GHANASSIA
ENDOCRINOLOGIE - NUTRITION
G. EDGARD-ROSA
C. AHARONI
ORTHOPEDIE - TRAUMATOLOGIE
Atlas d'anatomie humaine
NETTER
INSEP
SERRE LE SPORT
HISTOIRE DU RUGBY
FILIERES
2