

LES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES par Amandine Le Cornec-Boutineau



LES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES par Amandine Le Cornec-Boutineau

Les filières énergétiques dépendent du type d'effort sollicité. Selon l'intensité de l'activité physique, l'organisme n'utilisera pas les mêmes substrats énergétiques et ne produira pas de l'ATP (Adénosine Triphosphate) de la même manière. L'ATP est la principale source d'énergie directement utilisable par la cellule. Chez l'humain, l'ATP constitue la seule énergie utilisable par le muscle.

Il existe trois filières énergétiques :

- La filière aérobie
- La filière anaérobie lactique
- La filière anaérobie alactique

1 / La filière aérobie

Cette filière permet de créer de l'énergie (ATP) en utilisant de l'oxygène. Plus précisément, elle produit 39 ATP en dégradant le glycogène musculaire (réserves de sucre) et le glucose sanguin via la glycolyse ainsi que, les triglycérides (acide gras) via la lipolyse. Le produit final de ce catabolisme est l'eau (H₂O) et le gaz carbonique (CO₂). Par conséquent, cette voie énergétique ne produit aucun « déchet ». Les facteurs limitant de cette filière est le VO₂max (Volume correspondant à la consommation maximale de l'oxygène) et l'épuisement du glycogène musculaire.

Sports concernés par la filière aérobie :



Sports d'endurance,

marathon,

trail,

cyclisme,

triathlon

Quatre seuils se distinguent de cette filière :

- **le seuil aérobie** dit également « endurance fondamentale ». Il correspond à une course en aisance respiratoire à de moyenne intensité entre 70 et 80% de votre VMA selon votre niveau. Ce seuil est jugé à 2mmoles de lactates. Courir au seuil aérobie vous permet de trouver le bon équilibre entre l'apport en oxygène et sa consommation. Cela vous permet donc de faire des sorties longues et maintenir longtemps cette intensité à une rythme constant.

Sensations éprouvées : aisance respiratoire, sensation de pouvoir accélérer.

- **la capacité aérobie** correspond à la vitesse utile du marathonien, entre 75 et 85% de la VMA (jugée à 3mmoles de lactates)

Sensations éprouvées : aisance respiratoire mais avec une ventilation plus rythmée par rapport au seuil aérobie. Aisance musculaire.

- **le seuil anaérobie** dit également « résistance » : Ce seuil situé entre 80 et 90% de la VMA selon l'athlète (âge, sexe) et son niveau d'entraînement est jugée à 4mmoles de lactates. Il correspond à une allure soutenue.

Sensations éprouvées : gêne respiratoire et musculaire.

- **la VMA** (Vitesse Maximale Aérobie) correspondant à la vitesse dont la dépense énergétique atteint la consommation d'oxygène maximale

OBJECTIFS du développement de la voie aérobie :

- Augmentation du stockage et utilisation des substrats énergétiques (glycogène, acide gras, acides aminés)

- Amélioration du VO₂max et de l'activité enzymatique donc des mitochondries, du transport d'oxygène, du système cardiovasculaire et ventilatoire.

2/ la filière anaérobie lactique

Cette filière produit de l'énergie via la glycolyse. En effet, la glycolyse va dégrader le glucose en deux molécules d'acide pyruvique. La plus grande partie d'acide pyruvique sera transformée en acide lactique.



Copyright © AFP - Olivier AUBERT

Dès sa formation dans la cellule musculaire, une molécule d'acide lactique sera entièrement dissociée en une molécule de lactate et en un proton. C'est ce proton qui est responsable de l'acidité dans le muscle (et non l'acide lactique). Enfin la glycolyse anaérobie permettra de produire 3 ATP.

Cette filière permet de produire de l'ATP rapidement. L'effort ne peut pas durer longtemps due à l'acidose dans le muscle.

Sports concernés par la filière anaérobie lactique: Demi-fond athlétisme (800m, 1500m), sprint long (400m), natation (>200m).

Suivant la discipline pratiquée combinée à l'intensité exercée, le nombre de mmoles de lactates sera plus ou moins important.

Le tableau ci-dessous met en exergue le nombre de mmoles de lactates produits dans chaque discipline d'athlétisme (sur piste).

100m	13-16 mmol/L
200m	18-20 mmol/L
400m, 800m, 1500m	22-26 mmol/L
5000m	13 mmol/L
10 000m	8 mmol/L

Tableau 1: Lactate et exercice court et intense

Dans cette filière, on distingue la Puissance et la Capacité Anaérobie Lactique :

- la Puissance Anaérobie Lactique (PAL) : effort à 140-160% VMA (distances entre 150 et 300m)
Sensations éprouvées : lourdeur de jambe, mal aux cuisses, nausée fin d'effort, sensation d'évanouissement.

- la Capacité Anaérobie Lactique (CAL) : effort à 100-130% VMA soit >10% de la VMA (distances entre 300 et 1000m).

Sensations éprouvées : IDEM que pour la PAL mais moins éprouvants.

OBJECTIFS du développement de la voie anaérobie lactique :

- Augmentation du glycogène intra-musculaire
- Augmentation du système tampon de l'acidité sanguin et musculaire
- Modifier les structures des fibres musculaires (développe les fibres rapides ou intermédiaires).

2/ la filière anaérobie alactique

Cette filière crée de l'ATP en dégradant la phosphocréatine (PCr), présente en très petite quantité. Cette vitesse issue de la voie anaérobie alactique peut être maintenue sur une très courte durée (7 à 15-20''). Il s'agit d'une vitesse explosive et pure. Tout comme les autres filières, il existe la puissance et la capacité anaérobie alactique :

- la Puissance Anaérobie alactique : Vitesse maximale : effort \geq à 7''.
- la Capacité Anaérobie alactique : 95% de la vitesse maximale.

Sports concernés par la filière anaérobie lactique: sports de puissance, d'explosivité, de force /vitesse, sprint court 100-200m, saut, lancer...

OBJECTIFS du développement de la voie anaérobie lactique :

- Augmentation du taux de phosphocréatine intra-musculaire.
- Amélioration de la vitesse de conduction neuro-musculaire.
- Modifications des structures des fibres musculaires (augmentation des fibres rapides).

EN RESUME, la filière énergétique dépend du sport pratiqué et de l'intensité sollicitée. Le tableau ci-dessous de Georges Cazorla et Luc Léger permet de récapituler le principe des filières énergétiques.

caractéristiques	Anaérobie alactique	Anaérobie lactique	Aérobie
Source d'énergie	Immédiate Phosphagènes	Retardée Glycolyse lactique	Très retardée oxydative
Substrats	ATP + PCr	glycogène	Glycogène, acide gras libre, glucose, acide aminé ramifié, alanine
Production ATP	Très faible 1PCr=1ATP	Faible 1GL=3ATP	Très élevée 1GL=39ATP
Délai de production optimale	nul	Court : 15 à 20 sec	Long : 2 à 3min <i>Pour les sportifs de haut niveau 1 à 1'30</i>
Puissance	Très élevée	élevée	Faible
Capacité	Très faible	faible	Très élevée
Endurance : maintien de la vitesse	15 à 20 sec (dépend du % de la puissance max)	Entre 1 à 3 mn (dépend du %VMA entre 90 et 140% VMA)	dépend du % VO2 sollicité
Lieu de production dans la cellule	Cytoplasme (niveau filament actine et myosine)	Cytoplasme cellulaire (extra mitochondrial)	Mitochondrie
Produit final du catabolisme	ADP et Créatine	Acide lactique	H2O + CO2
Facteurs limitants	Épuisement des réserves	Acide lactique et baisse du PH cellulaire	VO2 Max, épuisement du glycogène, thermolyse
Durée de la récup après sollicitation maximale	Reconstitution des réserves de phosphagènes en 6 à 8min	Métabolisme des lactates : 1h 30	Reconstitution du glycogène de 24 à 72h

Tableau 2 : synthèse d'après Georges Cazorla G et Luc Leger, « Les filières énergétiques : Quoi de neuf ? », 2004.

Toutefois, certaines activités physiques sollicitent plusieurs filières énergétiques à un pourcentage différent. Ci-dessous la répartition de pourcentage des sources énergétiques sur 400m, 800m et 5000m d'après Newsholme et coll (1992).



Sources énergétiques d'un 400m (Athlétisme) :

- Anaérobie alactique (PCr) : 13%
- Anaérobie lactique (glycolyse anaérobie) : 62%
- Aérobie (glycolyse aérobie) : 25%

▪ Sources énergétiques d'un 800m (Athlétisme) :

- Anaérobie alactique (PCr) : 6%
- Anaérobie lactique (glycolyse anaérobie) : 50%
- Aérobie (glycolyse aérobie) : 44%

▪ Sources énergétiques d'un 5000m (Athlétisme) :

- Anaérobie alactique (PCr) : NUL
- Anaérobie lactique (glycolyse anaérobie) : 12,50%
- Aérobie (glycolyse aérobie) : 87,5%

Le tableau ci-après résume la répartition d'ATP dérivé du métabolisme aérobie et anaérobie d'après Newsholme et coll (1992).

	FILLERE AEROBIE (glucose sanguin, acide gras, glycogène)	FILIERE ANAEROBIE (glycogène et PCr)
100m	< 5 %	> 95 %
200m	10 %	90 %
400m	25 %	75 %
800m	45 %	55 %
1500m	75 %	25 %
10 000m	97 %	3 %
marathonien	99 %	1 %
80km	-	100%

Tableau 3 : Pourcentage de contribution dans la production d'ATP d'après Newsholme et

coll (1992).

Pour conclure, trois filières énergétiques existent pour synthétiser de l'ATP: l'anaérobie alactique (phosphorylcréatine), l'anaérobie lactique (glycolyse lactique) et l'aérobie (voie oxydative). Chaque filière sollicitée dépendra de l'intensité de l'effort et de l'activité physique.



Amandine LE CORNEC-BOUTINEAU

Entraîneur diplômé FFA

Titulaire d'un Master 2 Recherche et Professionnel

« Ingénierie de l'entraînement »



SDPO-mag 16 rue Jean Cocteau 95350 Saint Brice sous Forêt Tél : 01 39 94 01 87

Site Internet : www.sdpo.com Email : sdpo@sdpo.com