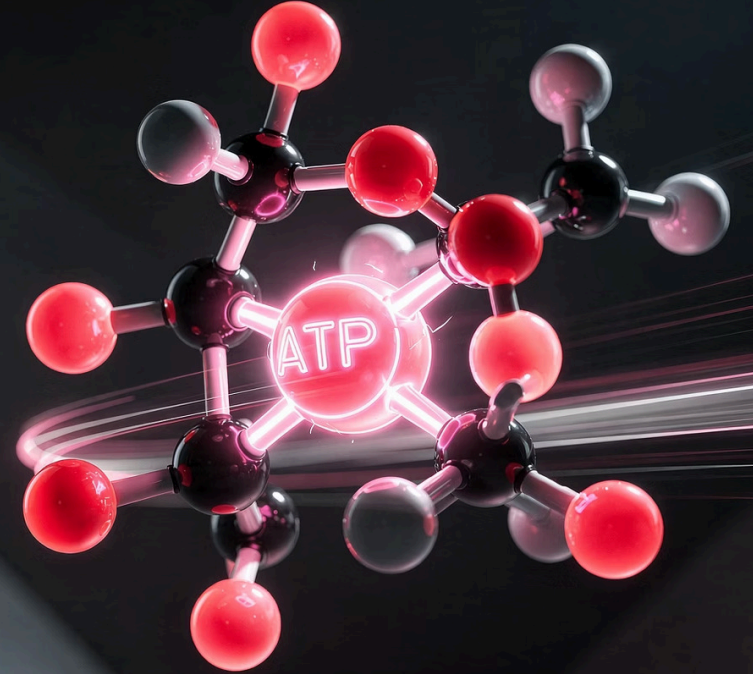


Les Filières Énergétiques

L'adénosine triphosphate (ATP) est la source d'énergie universelle de notre corps. Lorsque l'ATP se transforme en ADP avec libération de phosphate, l'énergie est libérée pour alimenter nos mouvements et nos fonctions vitales.



Les Trois Systèmes Énergétiques

Notre corps dispose de trois filières métaboliques distinctes pour produire de l'ATP, chacune avec ses caractéristiques propres en termes de puissance, de capacité et de durée d'intervention.

Anaérobie Alactique

Production: 1 ATP via phosphocréatine (PCr)

Délai: Nul

Puissance: Très élevée

Durée: 3-5 secondes

Lieu: Cytoplasme cellulaire

Anaérobie Lactique

Production: 3 ATP (ou 2) via glycogène/glucose

Délai: 5-10 secondes

Puissance: Élevée

Durée: 10-40 secondes

Lieu: Cytoplasme cellulaire

Aérobie

Production: 31 ATP (ou 29,5) via lipides/glucides/protides

Délai: 2-3 minutes

Puissance: Fonction du $VO_2\text{max}$

Durée: Théoriquement illimitée

Lieu: Mitochondrie

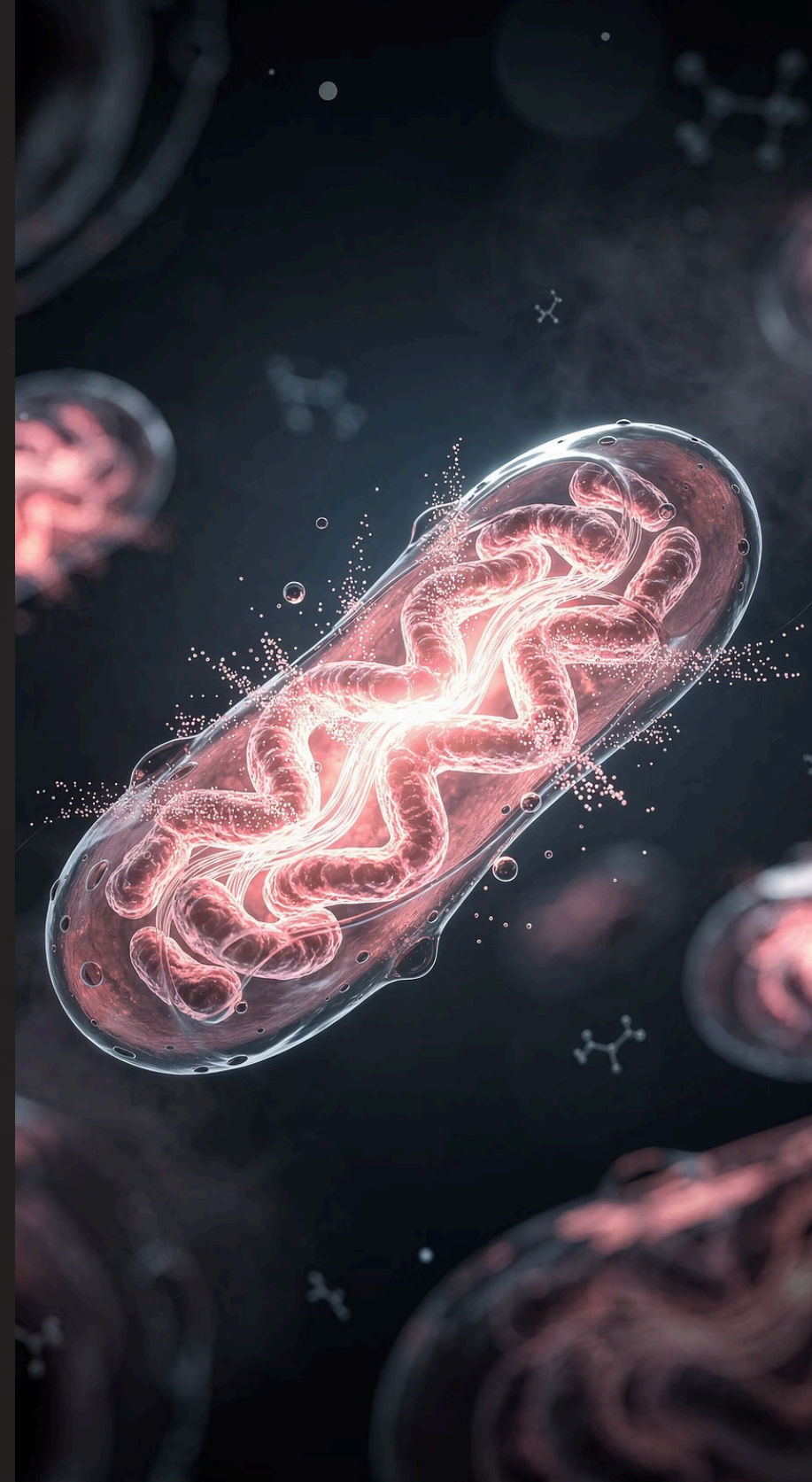
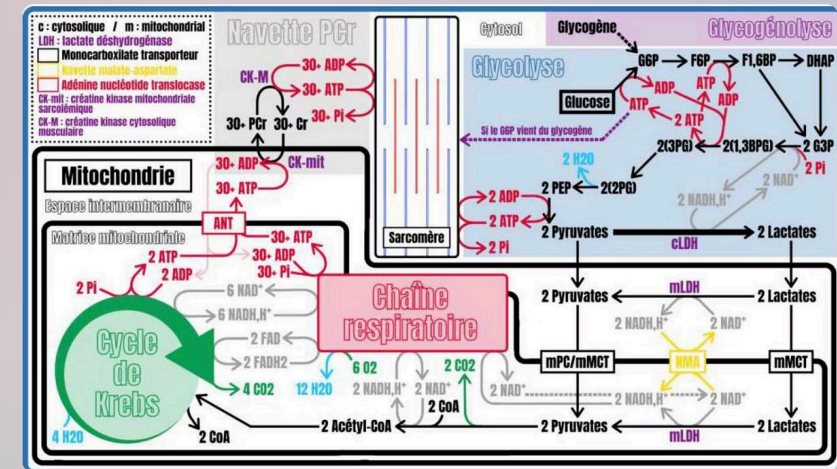


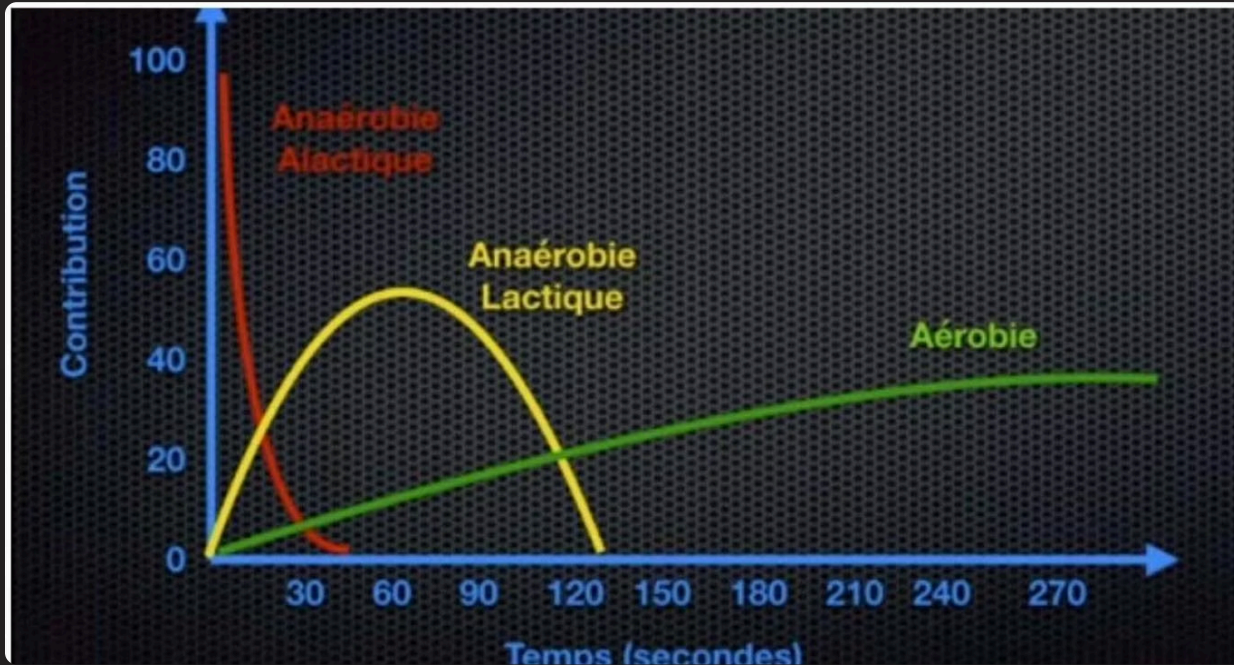
Schéma Intégré du Métabolisme Cellulaire

Ce schéma illustre l'interaction complexe entre le cytosol et la mitochondrie. La glycogénolyse et la glycolyse se déroulent dans le cytoplasme, produisant du pyruvate qui peut être converti en lactate ou entrer dans la mitochondrie. Le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire mitochondriale génèrent la majorité de l'ATP aérobie.

Les navettes (PCr, malate-aspartate, monocarboxylate) assurent le transport des métabolites entre compartiments cellulaires, permettant une production énergétique coordonnée et efficace.



La Courbe d'Howald



Le modèle traditionnel des trois filières montre leur contribution relative au fil du temps. Le système anaérobie alactique domine les premiers instants (100% à 0 secondes), déclinant rapidement. Le système anaérobie lactique culmine vers 60 secondes (environ 55%), tandis que le système aérobie augmente progressivement pour atteindre un plateau autour de 35%.

Caractéristiques Temporelles

- 0-30 sec: Dominance alactique
- 30-120 sec: Pic lactique
- >120 sec: Prédominance aérobie

Ce modèle séquentiel suggère une activation successive des systèmes énergétiques selon la durée de l'effort.

Applications Pratiques en Natation

50m Nage Libre

Filière dominante: Anaérobie alactique

Effort explosif de très courte durée nécessitant une puissance maximale instantanée.

200m Papillon

Filière dominante: Anaérobie lactique

Effort intense soutenu sollicitant massivement la glycolyse anaérobie.

1500m Nage Libre

Filière dominante: Aérobie

Effort de longue durée privilégiant l'oxydation des substrats énergétiques.

Limites du Modèle Traditionnel

L'Oxygène est Toujours Présent

Tout entraînement est fondamentalement aérobie. Les termes "aérobie" et "anaérobie" ne décrivent pas l'absence d'oxygène, mais plutôt des processus indépendants ou dépendants de l'oxygène pour leur fonctionnement.

Le Lactate n'est pas un Déchet

Le lactate est toujours présent et constitue une source de carburant précieuse, non un marqueur de fatigue. Il peut être recyclé et utilisé comme substrat énergétique par d'autres tissus.

Oxygène et Phosphocréatine Sont Liés

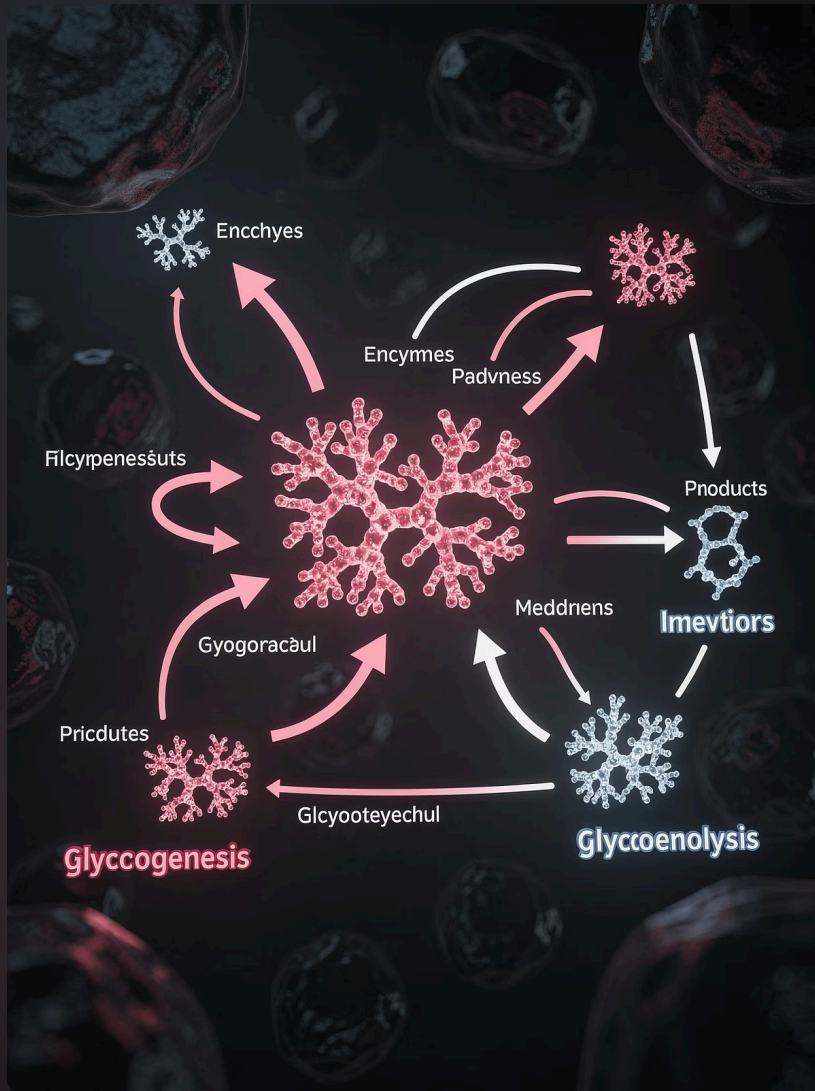
Contrairement au modèle séquentiel, l'oxygène et la PCr sont utilisés simultanément dès le début de l'effort, avec une interaction dynamique entre ces systèmes.

Activation Rapide et Simultanée

Tous les processus énergétiques se chevauchent en millisecondes, pas en secondes ou minutes. L'activation est beaucoup plus rapide que suggéré par le modèle traditionnel.

- ❏ **Important:** Ce modèle reste réducteur par définition. Il ne prend pas en compte le profil physiologique individuel de chaque athlète. L'entraîneur doit comprendre le fonctionnement spécifique de son athlète pour adapter l'entraînement.

Le Glycogen Shunt: Interactions Métaboliques



1

ATP pour la PCr

L'ATP nécessaire à la resynthèse de la phosphocréatine provient du glycogène via la glycogénolyse.

2

Resynthèse du Glycogène

La filière aérobie contribue activement à la resynthèse des réserves de glycogène musculaire.

3

Activation Glycolytique

La filière glycolytique prend le relais lorsque la saturation musculaire en oxygène (SmO_2) diminue.

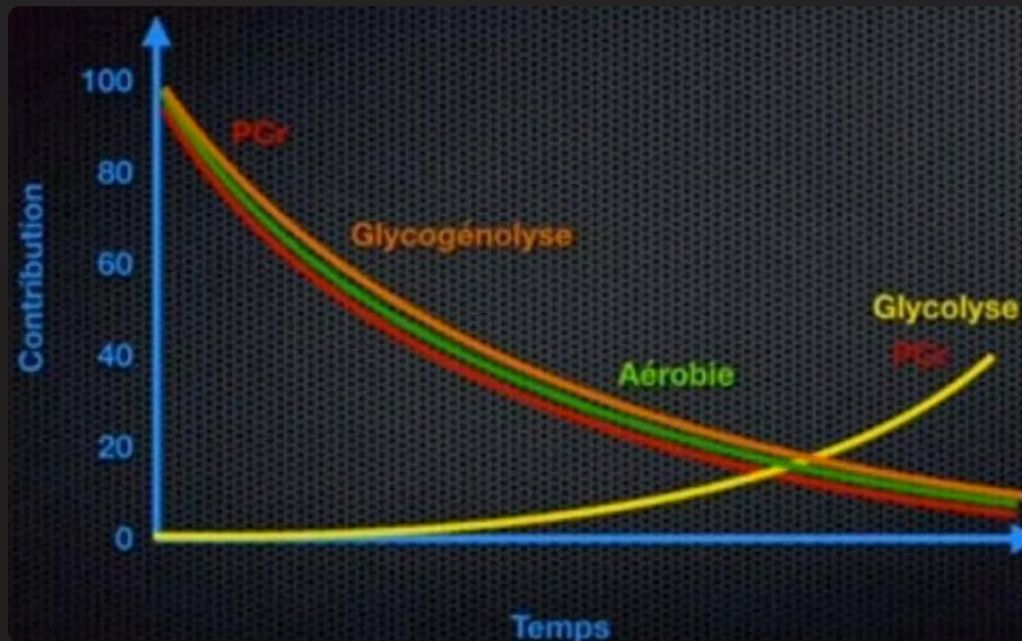
4

Activation Ultrarapide

Toutes les filières sont actives en moins de 150 millisecondes après le début de l'effort.

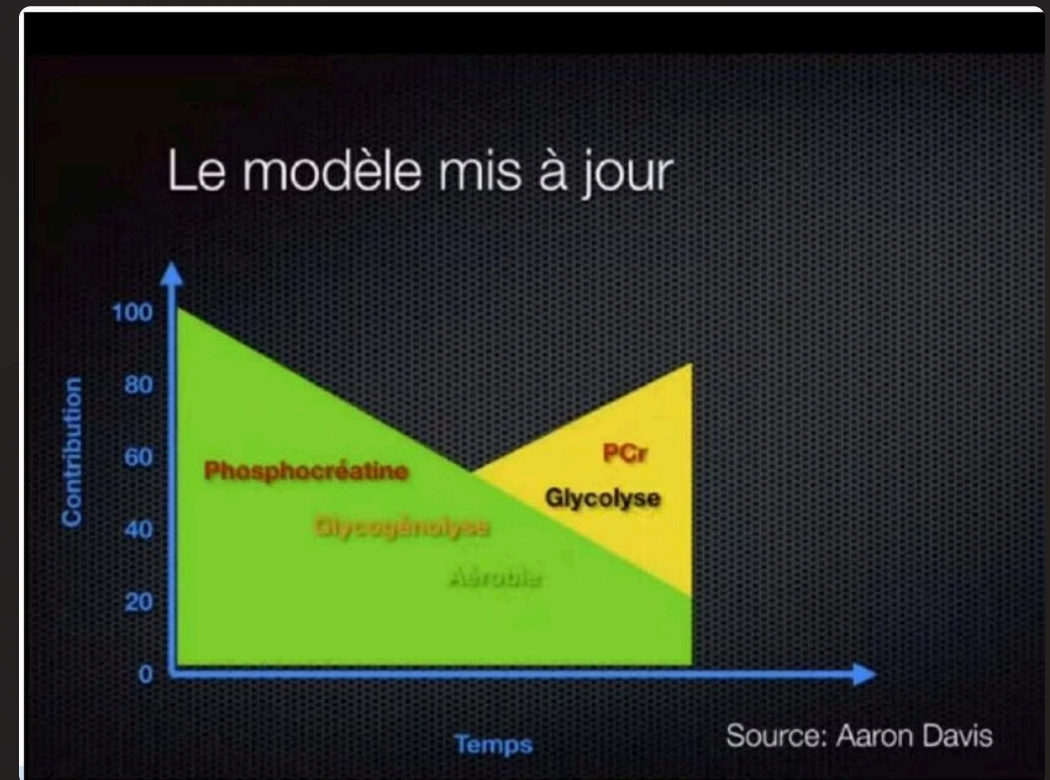


Le Modèle Mis à Jour



Principe des Dominantes

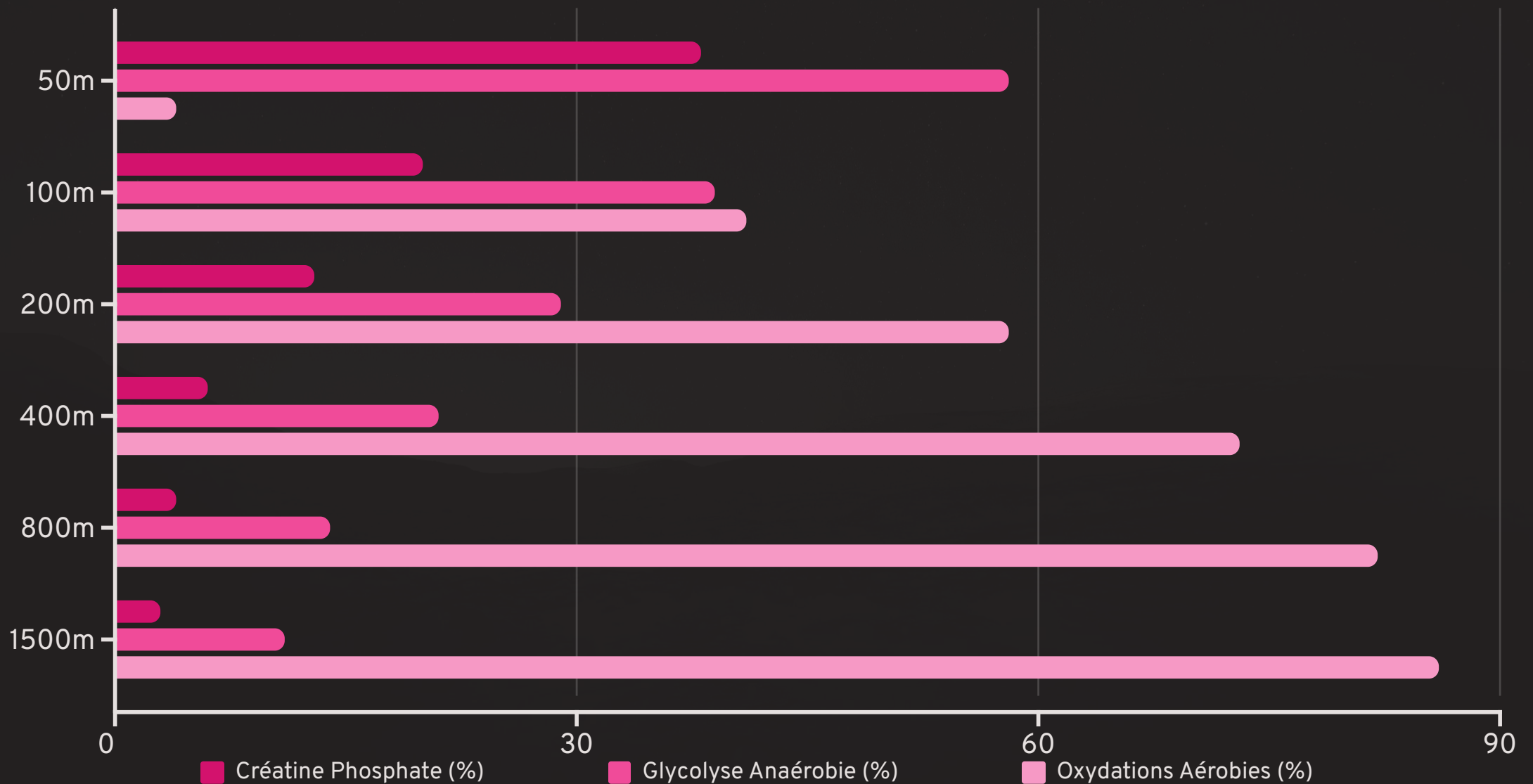
Le nouveau modèle propose une vision en forme de V illustrant la contribution des systèmes énergétiques. La phosphocréatine et la glycolyse dominent les efforts courts et intenses, tandis que le système aérobie prend le relais pour les efforts prolongés.



Cette représentation reflète mieux la réalité physiologique: une activation simultanée avec des dominantes variables selon l'intensité et la durée de l'effort, plutôt qu'une succession linéaire de systèmes.

Données Quantitatives en Natation

Les recherches de Rodriguez et Mader (2003, 2010) ont quantifié précisément la contribution des trois systèmes métaboliques pour chaque distance de nage libre chez les nageurs de haut niveau.



Ce tableau révèle le caractère mixte des épreuves du 100m au 400m, où les contributions aérobie et anaérobie sont toutes deux significatives, nécessitant un entraînement équilibré des différentes filières.

Puissance et Capacité: Concepts Clés

Puissance

La puissance représente la quantité maximale d'énergie utilisable par unité de temps. C'est le **débit du robinet** énergétique.

Développement de la Puissance

Travail qualitatif privilégiant l'intensité maximale pour développer l'énergie maximale en un minimum de temps.

Capacité

La capacité correspond à la quantité totale d'énergie disponible pour l'exercice. C'est la **taille du réservoir** énergétique.

Développement de la Capacité

Travail quantitatif visant à augmenter les réserves énergétiques disponibles jusqu'à l'épuisement.

90-100%

Anaérobie Alactique

Ratio travail-récupération: 1:12 à
1:20

Durée: 5-10 secondes

75-90%

Anaérobie Lactique

Ratio travail-récupération: 1:3 à
1:5

Durée: 15-30 secondes

30-75%

Mixte

Ratio travail-récupération: 1:2 à
1:4

Durée: 1-3 minutes

20-35%

Aérobie

Ratio travail-récupération: 1:1 à
1:3

Durée: >3 minutes

❏ **Principe fondamental:** Mis à part le travail technique (force/vélocité), seul le travail à des intensités supérieures au niveau d'endurance fait progresser les capacités physiologiques de l'athlète.