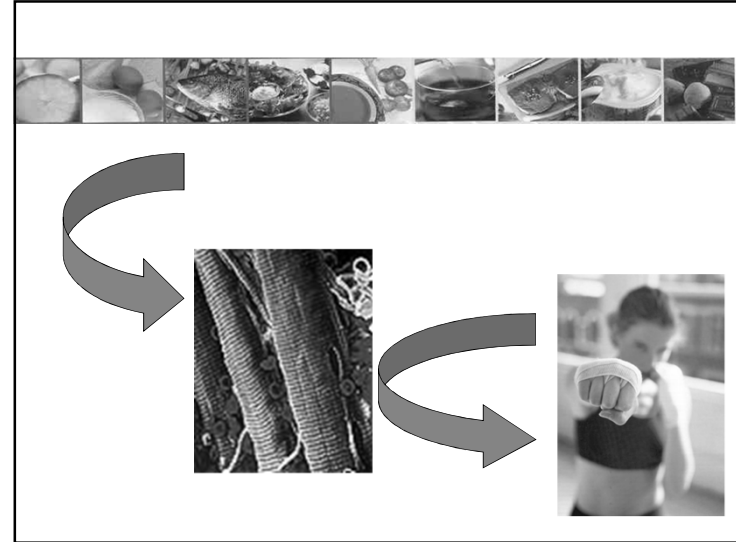


## 4. De l'alimentation à l'énergétique musculaire

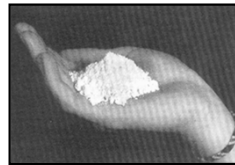


## Les différentes sources d'énergie

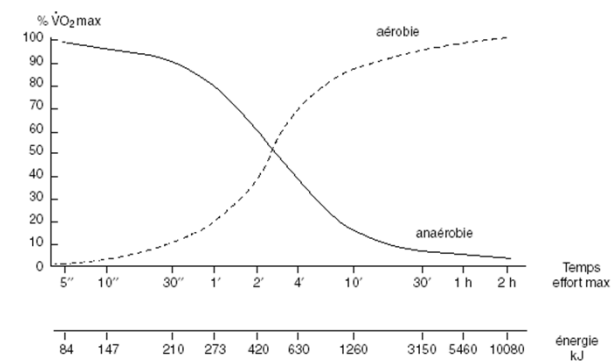
- ❏ Fourniture d'énergie = utilisation d'ATP
- ❏ Les réserves en ATP sont extrêmement faibles (5mmol.L<sup>-1</sup> par kg de muscle soit 3g.kg<sup>-1</sup>)



- ❏ Renouvellement rapide nécessaire: exemple: lors d'un marathon 10 g d'ATP sont renouvelés chaque seconde



## L'énergie fournie par les différentes voies métaboliques provient de mécanismes aérobie et anaérobie



Plus l'exercice se prolonge → + les mécanismes aérobie augmentent (au détriment des filières anaérobies).

• Lors d'un marathon,  $\pm 100\%$  de l'énergie est fourni par les mécanismes aérobie.

• Lors d'un 100m, 97-98% de l'énergie provient des voies anaérobies.



Les aliments que nous ingérons (d'origine animale - végétale) seront métabolisés, mis en réserve puis/ou oxydés (en présence d' $O_2$  donc en aérobie) pour produire l'énergie chimique nécessaire à la contraction



## Récapitulatif des différentes voies énergétiques

I. La voie anaérobie alactique  
= voie des phosphagènes

II. La voie anaérobie lactique  
= glycolyse

III. La voie aérobie  
à partir des glucides, des lipides voire des protéines

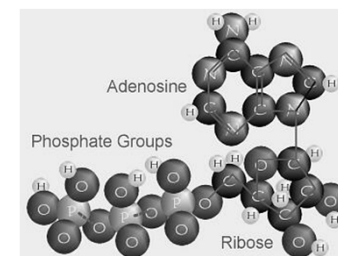
**A savoir**

## I. La voie anaérobie alactique = voie des phosphagènes

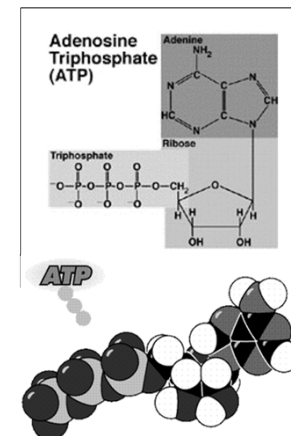
ATP, ADP, PCr

## L' ATP: énergie de base

**Rappel**

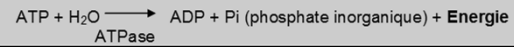


ATP: adénosine tri-phosphate

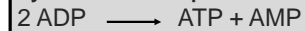


## La voie anaérobie alactique (voie des phosphagènes)

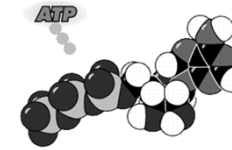
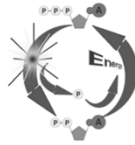
### Dégradation de la molécule d'ATP



### Synthèse d'ATP à partir de l'ADP



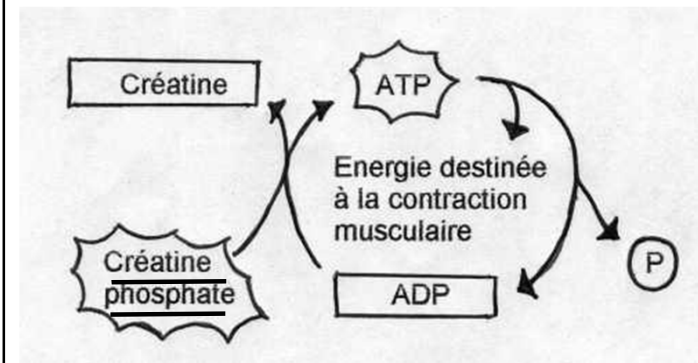
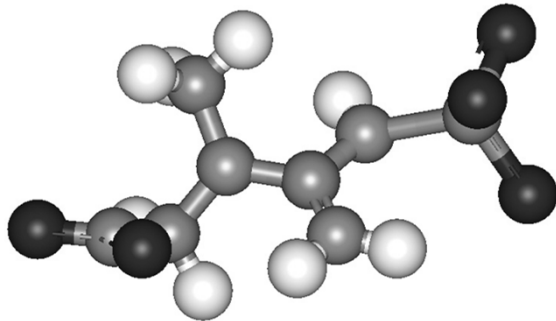
↓  
phosphorylation à partir d'une enzyme:  
l'adénylate kinase (appelée myokinase pour le muscle)

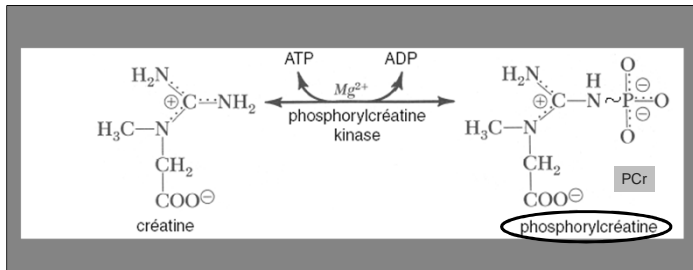


## ATP et ADP



## La phosphocréatine (PCr) (ou créatine phosphate ou phosphorylcréatine)





- Réserves: 17mmol.L<sup>-1</sup> (4 à 6 fois celles de l'ATP)
- Compense l'ATP dans:
  - les 6-7 premières secondes lors d'exercices supra max
  - les 20-30 premières secondes lors d'exercices modérés

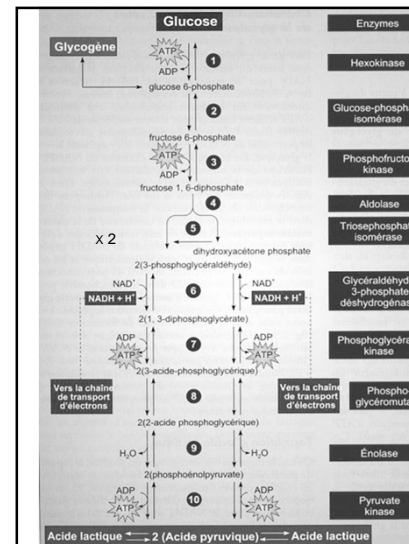
## Caractéristiques de la voie anaérobie alactique

### Caractéristiques de la voie anaérobie alactique ou voie des phosphagènes

- Libération de l'énergie chimique de façon extrêmement rapide, aucun délai de mise en jeu, apport explosif d'énergie.
  - Il n'est pas nécessaire d'amener une quantité d'O<sub>2</sub> supplémentaire.
  - Pas d'apparition de lactate pouvant modifier le pH du milieu.
- C'est la voie principalement utilisée lors de sprints courts (40, 60 m...), sauts, lancers...



## II. La voie anaérobie lactique = glycolyse



### La voie anaérobie lactique

#### Utilisation des glucides

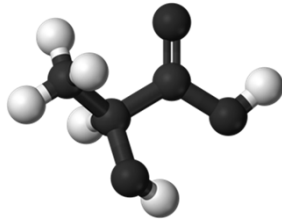
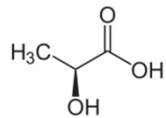
- glycolyse (glucose)
- glycolyse (glycogène)

#### Pour une mole:

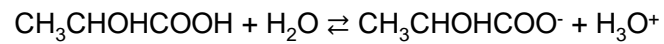
- glucose: 2 ATP
- glycogène: 3 ATP



## Acide lactique

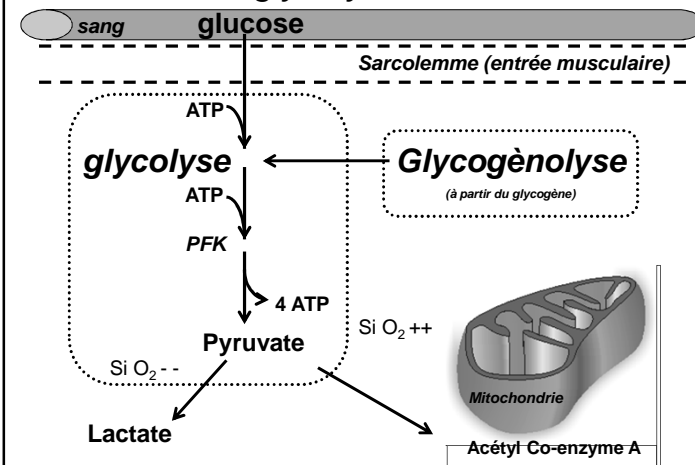


En solution, le groupe carboxyle -COOH peut perdre un proton, donnant un ion lactate :



$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow \text{pH}$$

## Résumé de la glycolyse



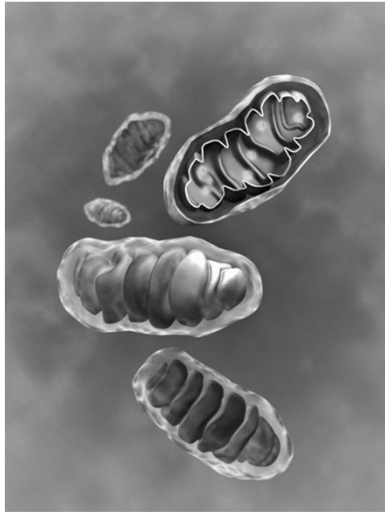
## Caractéristique de la voie anaérobie lactique

### Caractéristiques de la voie anaérobie lactique

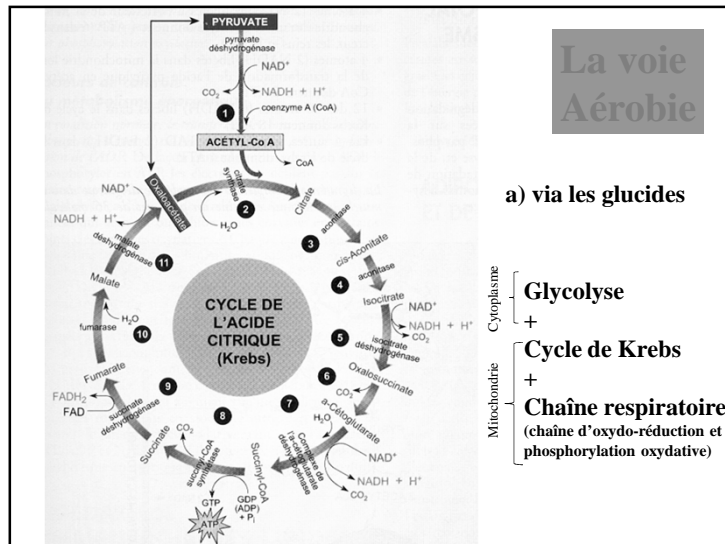
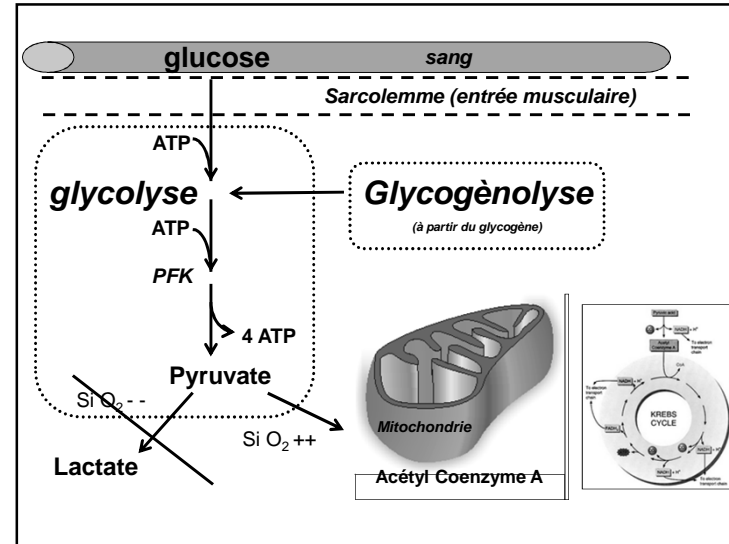
- L'optimisation de la fourniture d'énergie par cette voie nécessite un certain délai. Le délai optimum, pour une fourniture d'énergie significative, est de 10 à 15 secondes.
- La puissance libérée par cette voie est plus faible que celle apportée par la voie anaérobie alactique mais sa capacité est plus importante.
- En théorie, cette voie peut fonctionner à un régime maximal à peu près pendant 45 secondes. La production de lactate modifie le pH intracellulaire et peut limiter ou bloquer l'activité de certaines enzymes.
- La glycolyse ou la glycogénolyse fournissent l'énergie pour des exercices brefs et intenses dont la durée n'excède pas 2 minutes (200 - 400m....).
- L'énergie est fournie sans apport d'O<sub>2</sub> supplémentaire.
- Rôle important des glucides ingérés via l'alimentation pour l'obtention de stocks optimaux en glycogène (musculaire et hépatique).

## III. La voie aérobie

- à partir des glucides
- à partir des lipides
- à partir des protéines



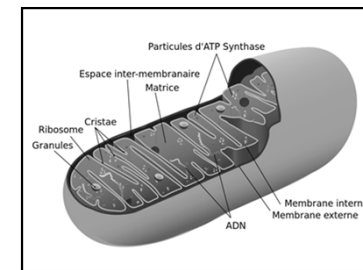
Importance des mitochondries !!



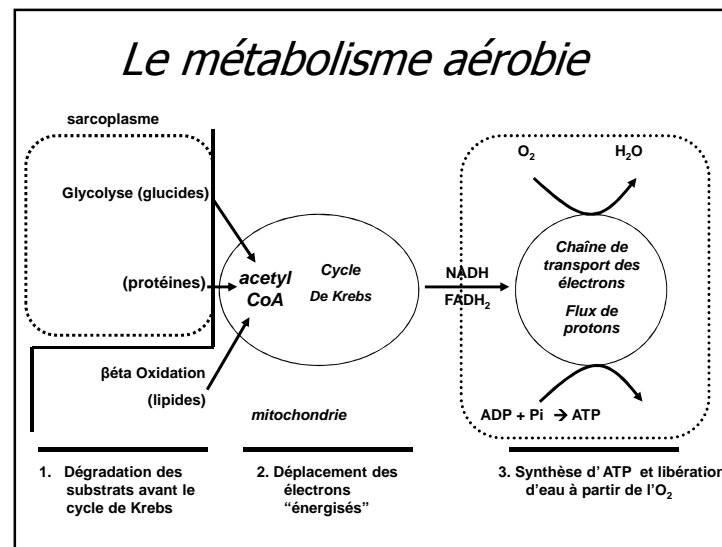
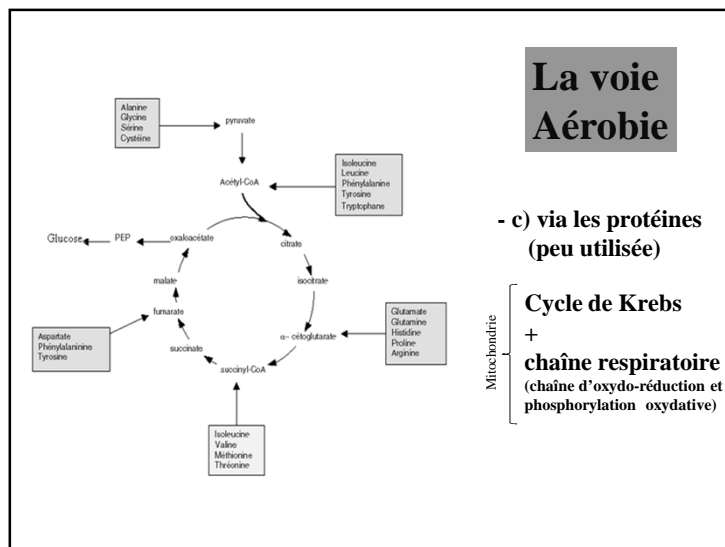
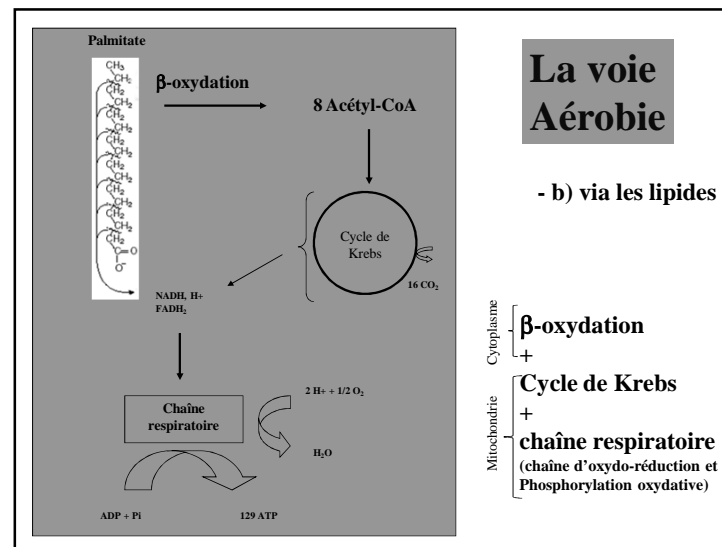
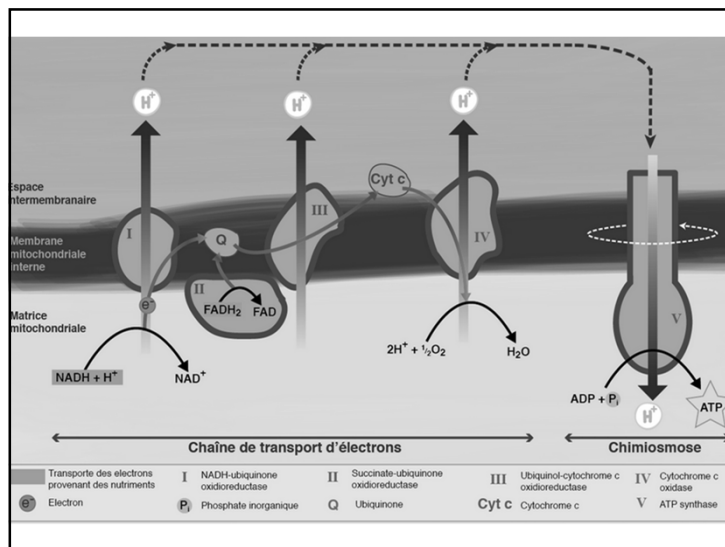
### Chaîne respiratoire au niveau mitochondrial

Voie aérobie, pour une mole:

glucose: 38 ATP; glycogène: 39 ATP



mitochondrie



## Caractéristique de la voie aérobie

### Caractéristiques de la voie aérobie

- Libération de l'énergie chimique de façon relativement lente mais régulière, réservoir "inépuisable".
- Apport supplémentaire en  $O_2$  nécessaire.
- Les substrats alimentaires:
  - \* Les glucides: l'énergie provient du glucose sanguin, de l'hydrolyse du glycogène musculaire et hépatique et du glucose fourni par la néoglucogenèse. Les glucides sont rapidement mobilisables mais les réserves sont faibles. Le glycogène musculaire ne peut être utilisé qu'*in situ*.
  - \* Les lipides: la lipolyse et l'utilisation des acides gras libres ne s'effectuent que pour des exercices de longue durée (latence de l'activité de la  $\beta$ -oxydation et consommation d'oxygène supérieure par mole d'ATP produite).
  - \* Les protéines ont un rôle énergétique très modeste mais une fonction mécanique prépondérante.
- Pas d'apparition de lactate pouvant modifier le pH du milieu.
- C'est la voie principalement utilisée lors d'exercices aérobie (> 2 minutes).

## Différentes voies énergétiques

(d'après Flandrois, 1977)

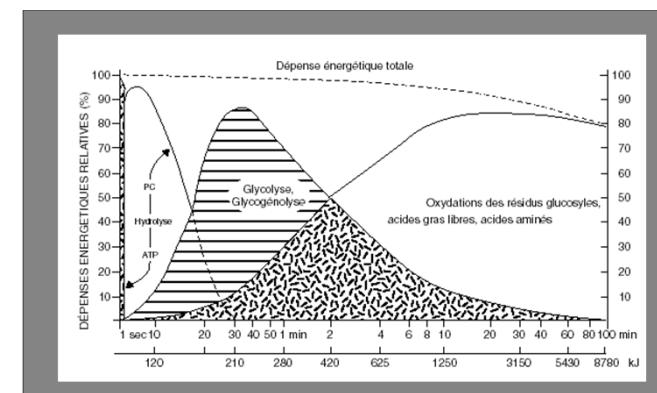
	TYPE D' EXERCICE	FACTEURS LIMITANTS
ANAEROBIE ATP + PCr	Puissance maximale 0,7 secondes	Enzymes musculaires Système neuromusculaire
	Endurance 7 à 25-30 secondes	Stock de PCr
GLYCOLYSE ANAEROBIE	Puissance maximale 15 à 45 secondes	Enzymes glycolyse anaérobie
	Endurance 45 secondes à 2 minutes	Systèmes tampons tissulaires et sanguins
AEROBIE	Puissance maximale 2 à 6 minutes	Circulation (systémique et locale)
	Endurance Au-delà de 6 minutes	Enzymes musculaires Facteurs endocrines Stock de glycogène



## Participation des différents substrats (macronutriments) au cours de l'exercice musculaire

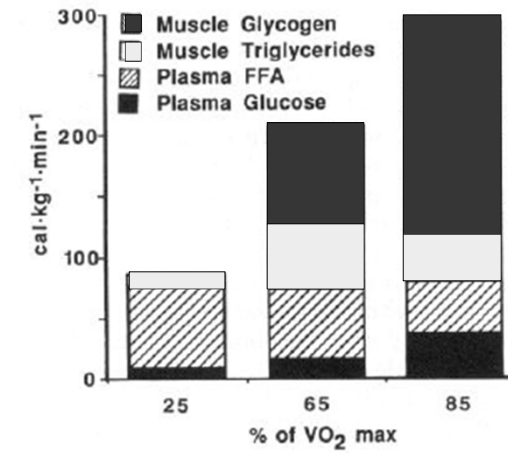
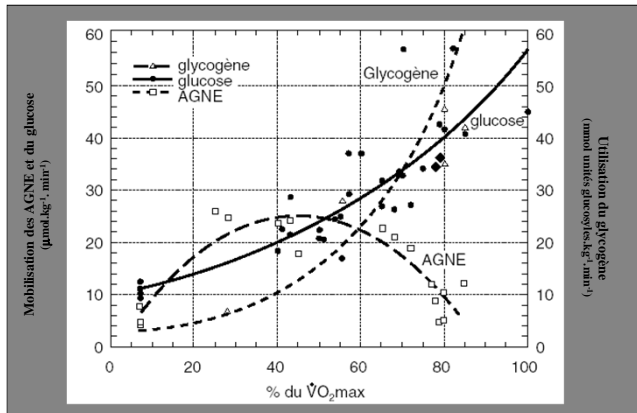


## Utilisation métabolique des macronutriments énergétiques à l'exercice- effet du temps





## Utilisation métabolique des macronutriments énergétiques à l'exercice- effet de l'intensité



Romijn et al. 1993, après 30 min d'exercice

## annexe

