



L3 ES

U54.3E Nutrition et Performance

T.BRIOCHE, PhD
Maitre de Conférences
thomas.brioche@umontpellier.fr



REVIEW

Open Access



International society of sports nutrition position stand: nutrient timing

Chad M. Kerksick¹, Shawn Arent², Brad J. Schoenfeld³, Jeffrey R. Stout⁴, Bill Campbell⁵, Colin D. Wilborn⁶, Lem Taylor⁶, Doug Kalman⁷, Abbie E. Smith-Ryan⁸, Richard B. Kreider⁹, Darryn Willoughby¹⁰, Paul J. Arciero¹¹, Trisha A. VanDusseldorp¹², Michael J. Ormsbee^{13,14}, Robert Wildman¹⁵, Mike Greenwood⁹, Tim N. Ziegenfuss¹⁶, Alan A. Aragon¹⁷ and Jose Antonio^{18*} 

Jäger et al. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (2017) 14:20
DOI 10.1186/s12970-017-0177-8

Journal of the International
Society of Sports Nutrition

REVIEW

Open Access



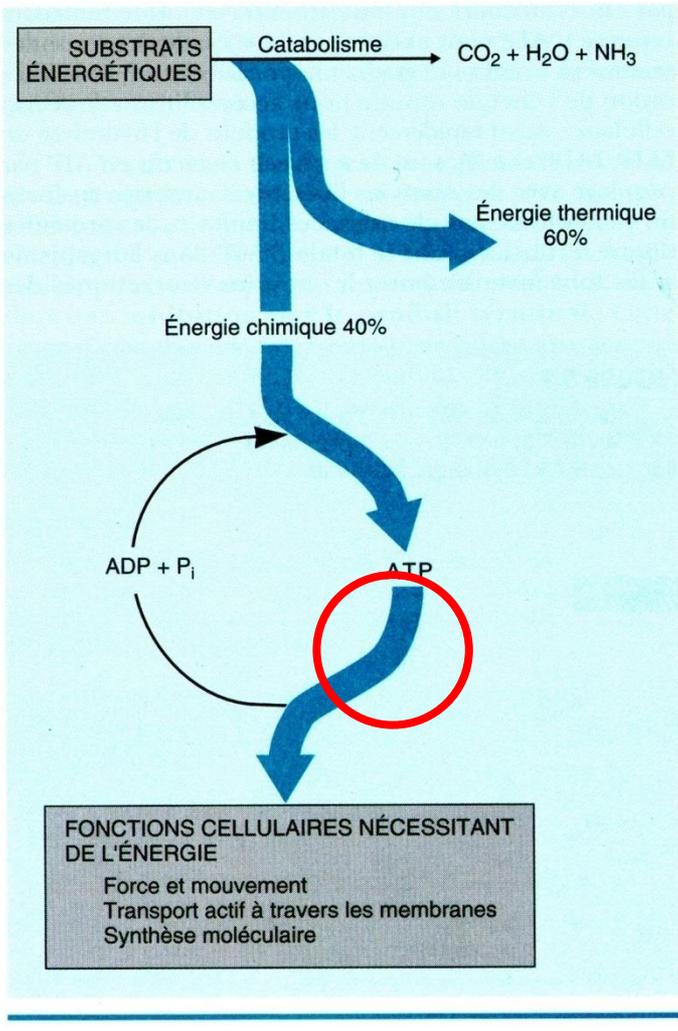
International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise

Ralf Jäger¹, Chad M. Kerksick², Bill I. Campbell³, Paul J. Cribb⁴, Shawn D. Wells⁵, Tim M. Skwiat⁵, Martin Purpura¹, Tim N. Ziegenfuss⁶, Arny A. Ferrando⁷, Shawn M. Arent⁸, Abbie E. Smith-Ryan⁹, Jeffrey R. Stout¹⁰, Paul J. Arciero¹¹, Michael J. Ormsbee^{12,13}, Lem W. Taylor¹⁴, Colin D. Wilborn¹⁴, Doug S. Kalman¹⁵, Richard B. Kreider¹⁶, Darryn S. Willoughby¹⁷, Jay R. Hoffman¹⁰, Jamie L. Krzykowski¹⁸ and Jose Antonio^{19*} 

Pourquoi doit-on s'alimenter?

L'ATP est la seule source d'énergie immédiatement disponible pour les protéines contractiles

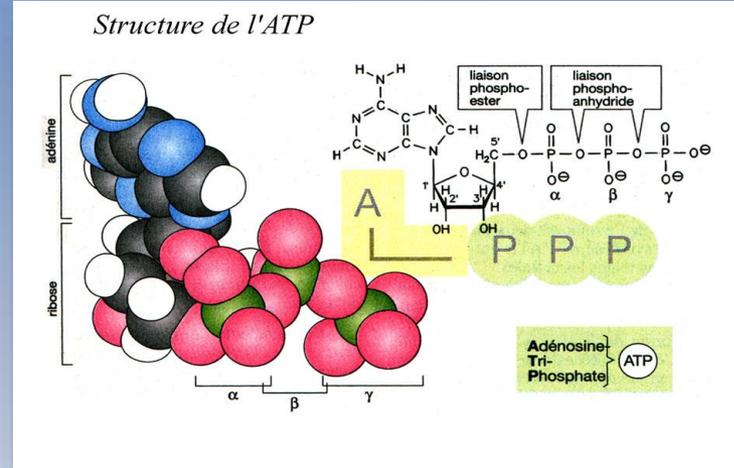
Transformation de l'énergie chimique provenant des substrats énergétiques en ATP et en chaleur, puis apport d'énergie provenant de l'ATP aux fonctions cellulaires nécessitant de l'énergie.



Réserves myofibrillaires en ATP



« faibles »



- Il n'existe pas ou très peu de réserves d'ATP (0,1 mole = 50g env) dans les cellules d'où la nécessité de l'ensemble des processus bioénergétiques permettant une resynthèse permanente. (1 mole d'ATP en conditions physio = 12kcal)
- Ceci implique que chaque molécule d'ATP doit être renouvelée entre 2000 et 3000 fois par jour.
- La quantité d'énergie utilisée par l'ensemble des cellules humaines est comprise entre 200 et 300 moles par jour soit 50 -75 kg d'ATP)

Alimentation

Nutriments

Apports hydriques

Macro Nutriments (énergétiques)



60% du poids corporel

Glucides
4 kcal/g



Lipides
9 kcal/g



Protéines
4kcal/g



Éthanol = 7kcal/g

Micro Nutriments (non énergétiques)

Les minéraux

Les vitamines

Macro-
éléments

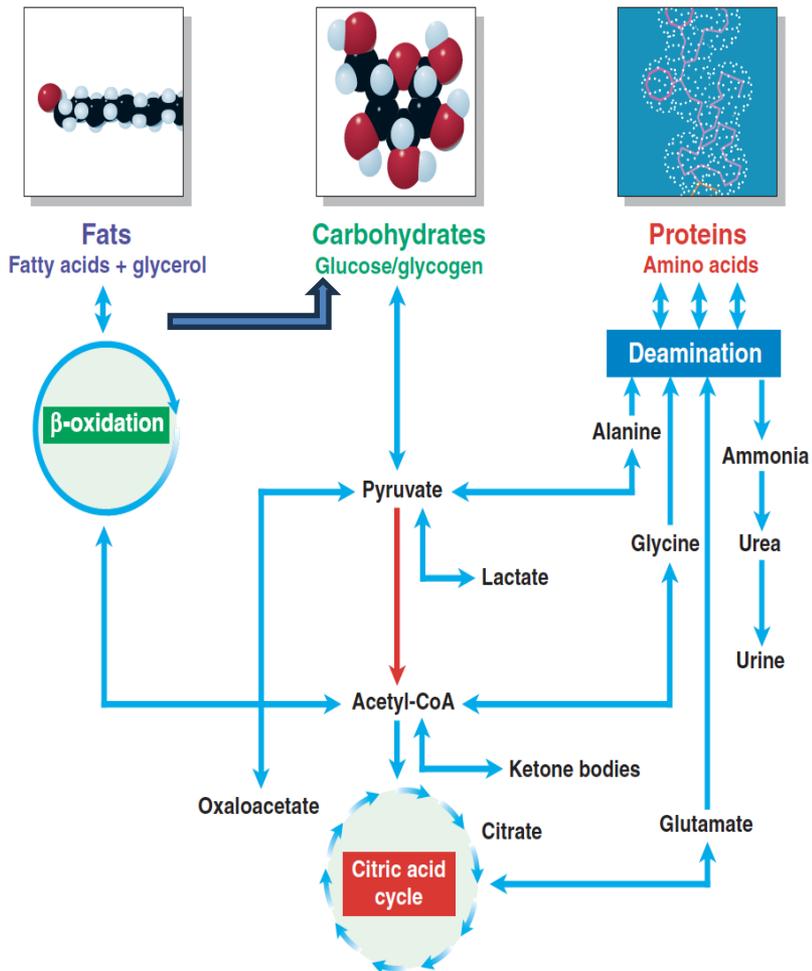
Micro-
éléments

Oligo-
éléments

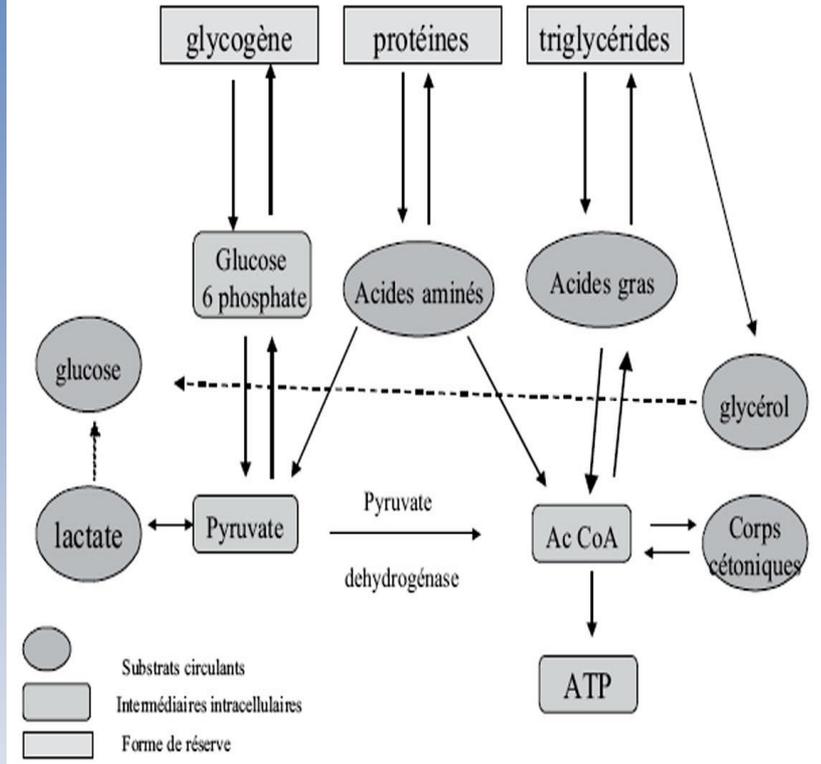
Vitamines
hydrosolubles

Vitamines
liposolubles

A garder en tête: l'interconversion des substrats



Predominant interconversions	
Carbohydrates	→ Fats or nonessential amino acids
Fats	→ Nonessential amino acids
Proteins	→ Carbohydrates or fats



Tout faire pour limiter l'oxydation des ses propres protéines!!!

FIGURE 4.23. The "metabolic mill" shows important interconversions among carbohydrates, fats, and proteins. Note that all interconversions are possible except that fatty acids cannot contribute to glucose synthesis (note one-way red arrow).

Nos réserves énergétiques

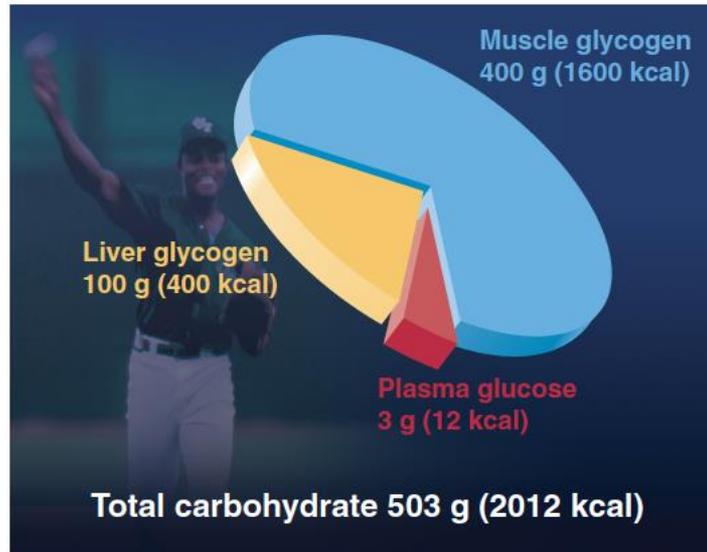


FIGURE 1.6. Distribution of carbohydrate energy for an average 80-kg man.

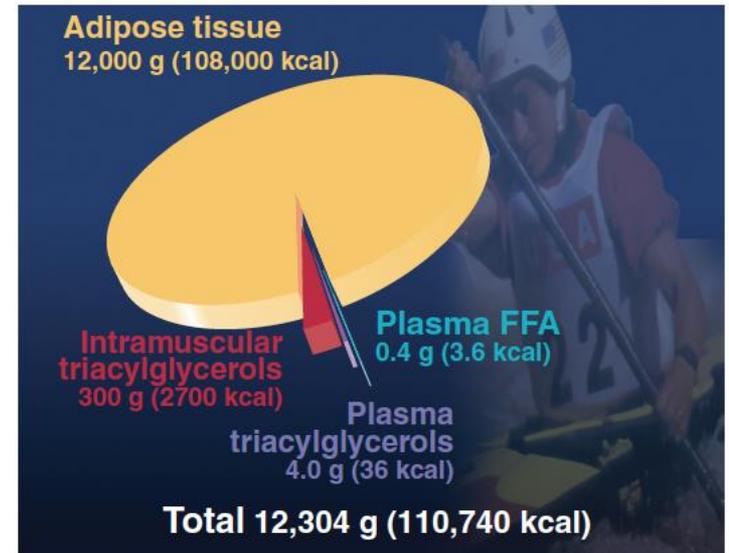


FIGURE 1.15. Distribution of fat energy in an average 80-kg man.

Qu'est-ce qui guide notre alimentation?

**Exercice
(Stimulus)**

- Diminution réserves énergétiques (glycogène)
- Pertes hydriques et électrolytiques
- Dommages aux constituants de la cellule (Protéines, Lipides, ADN...)

Alimentation

- Refaire les réserves énergétiques, hydriques et électrolytiques
- Apporter les nutriments pour réparer les dommages et synthétiser plus de protéines qu'à l'état initial

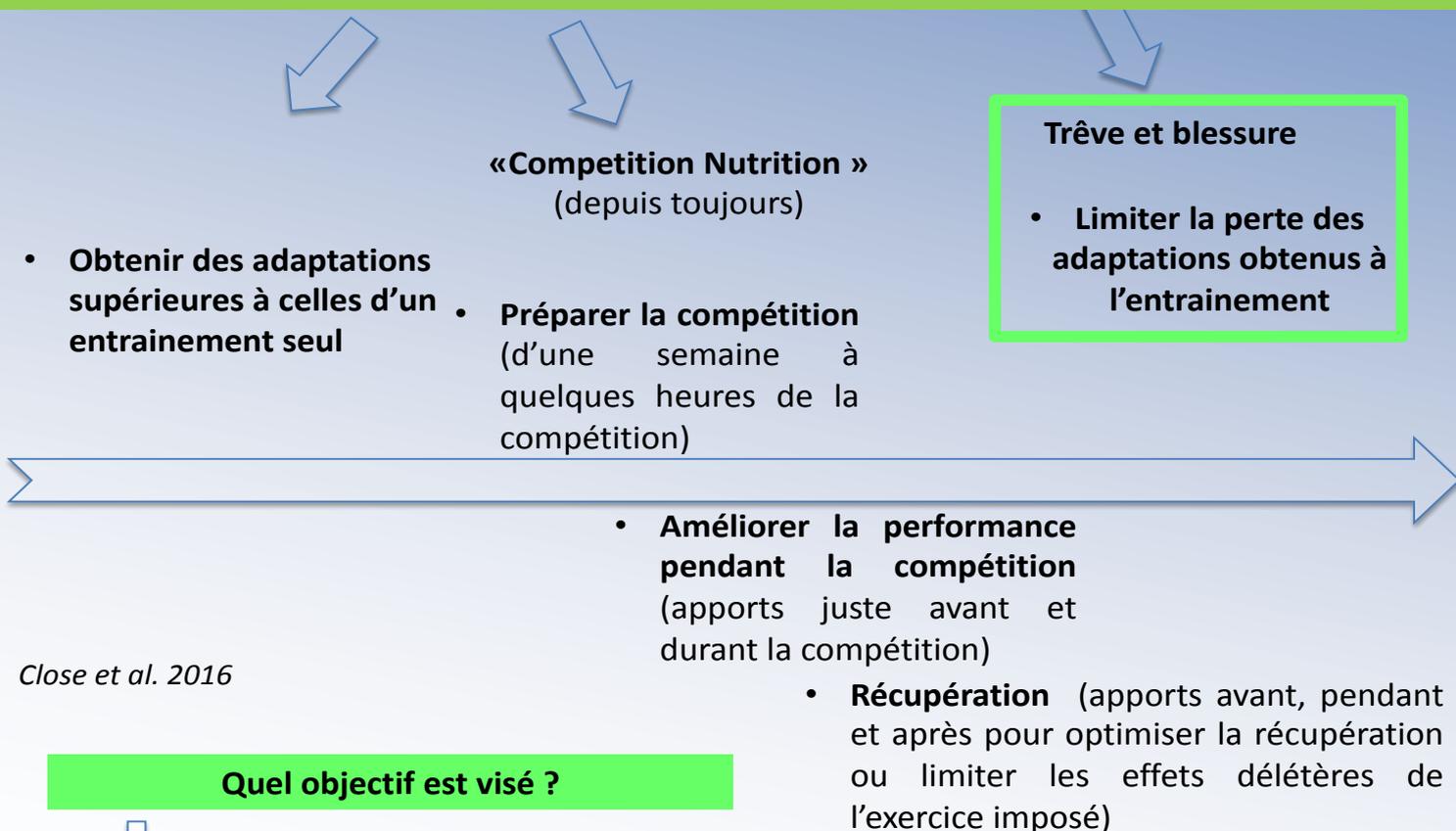
**Entraînement
(Stimulus)**

- Optimisations des réserves énergétiques (glycogène) et de leur utilisation
- Optimisation des Systèmes protecteurs et réparateurs
- Synthèse des protéines nécessaires à la performance (contractiles, mitochondriales, nerveuses^{1,7})

Qu'est-ce qui guide notre alimentation?

- Les objectifs de l'athlète
 - Gain ou Perte de masse totale
 - Gain de masse mais uniquement masse maigre
 - Perte de masse grasse
 - Objectif en terme de performance

Alimentation et/ou supplémentation



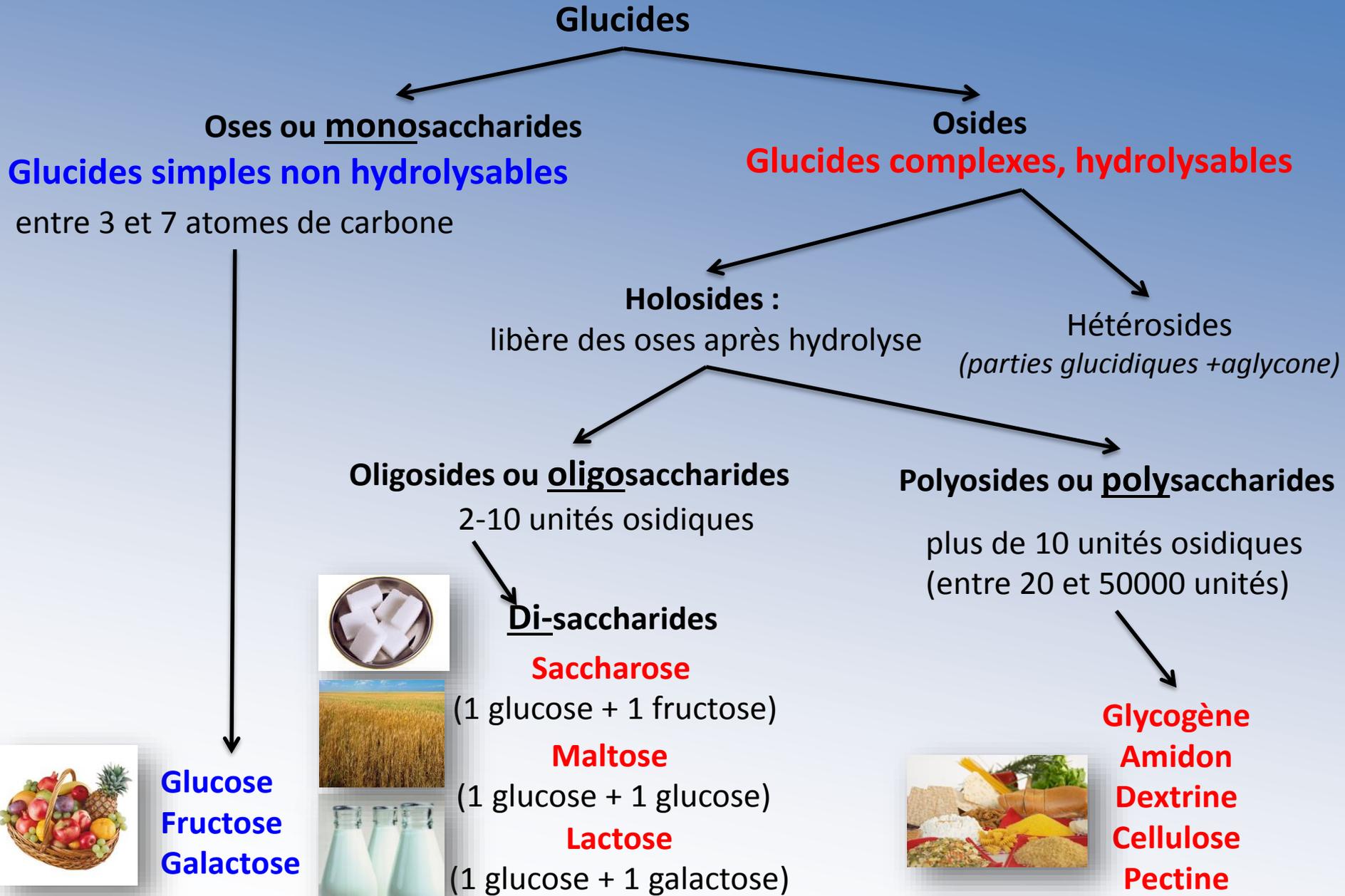
Close et al. 2016

Quel objectif est visé ?



Certaines stratégies peuvent être délétères si mauvais objectif visé

Nutrition glucidique et exercice musculaire



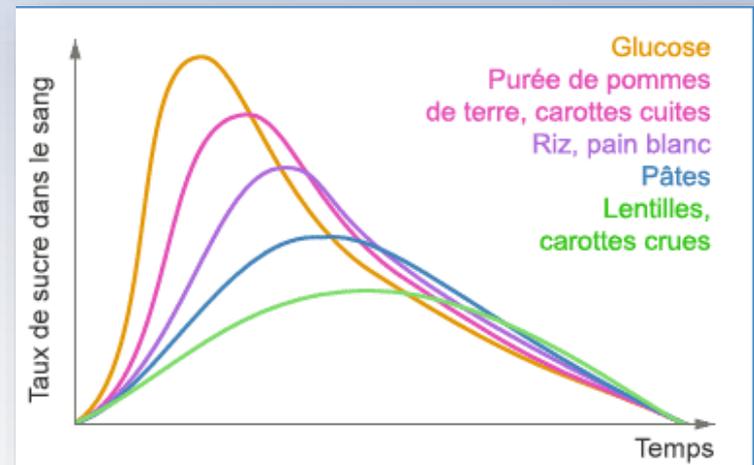
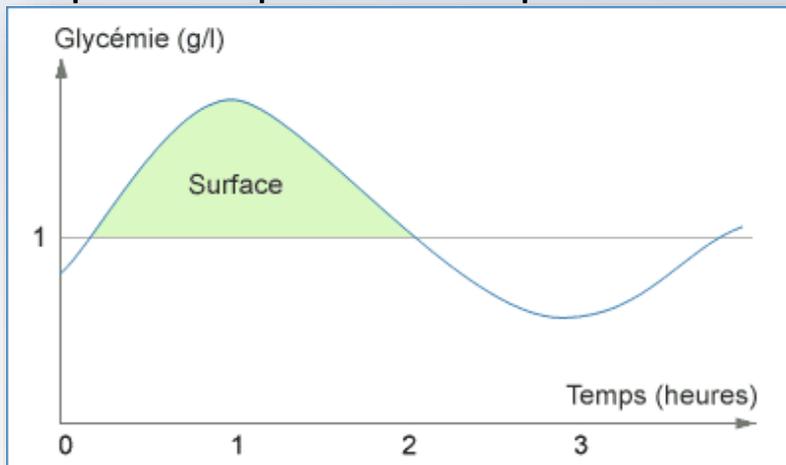
La notion d'index glycémique (IG)

Réponse physiologique à un apport oral d'hydrates de carbone. Les différences de vidange gastrique, d'hydrolyse enzymatique et de transport intestinal vont conditionner **la courbe de l'élévation du glucose sanguin en réponse à chaque type d'aliment.**

L'insuline est sécrétée en réponse à l'hyperglycémie et va conditionner la cinétique de transfert du glucose du compartiment sanguin vers les différents tissus utilisateurs.

Quel est l'intérêt de L'index glycémique (IG)?

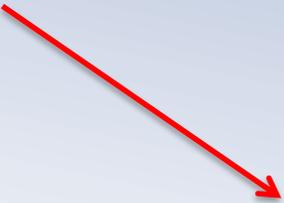
L'IG indique le potentiel glycémiant d'un glucide, et donc sa capacité à induire une sécrétion d'insuline en rapport. Or plus la réponse insulinique est élevée, plus le risque de prise de poids est important.



La notion d'index glycémique (IG)

Le glucose est considéré comme l'aliment de référence le plus rapide : index arbitraire de 100

Pain et pomme de terre: 70 à 90
Le riz blanc et les pâtes : 50 à 60
Légumes secs : 20 à 40

 Les plus représentatifs des sucres lents

L'IG peut être influencé par la quantité de protéines ou de lipides associés à l'apport glucidique, la cuisson (type et durée)

Glucides à index glycémique élevé		Glucides à index glycémique bas	
Maltose (bière)	110	Riz complet (brun)	50
Glucose, sirop de blé	100	Riz basmati long	50
Fécule de pomme de terre	95	Patates douces	50
Amidon de maïs, maltodextrine	95	Pâtes complètes (blé entier)	50
Pommes de terre au four	95	Spaghettis <i>al dente</i>	40
Pommes de terre frites	95	Petits pois frais	40
Purée de pomme de terre	90	Céréales complètes sans sucre	40
Chips	90	Sarrasin (farine de blé noir intégral)	40
Miel	85	Flocons d'avoine	40
Pain blanc (hamburger)	85	Haricots rouges	40
Carottes cuites	85	Jus de fruits frais sans sucre	40
Corn flakes, pop-com	85	Pain noir	40
Riz à cuisson rapide	85	Pain de seigle complet	40
Gâteau de riz	85	Pain 100 % intégral	40
Riz soufflé	85	Bananes vertes	40
Fèves cuites	80	Figues sèches	40
Potiron	75	Pâtes intégrales <i>al dente</i>	40
Pastèques	75	Figues, abricots secs	35
Sucre (saccharose)	70	Maïs indien	35
Pain blanc (baguette)	70	Riz sauvage	35
Céréales raffinées sucrées	70	Quinoa	35
Barres chocolatées	70	Carottes crues	30
Pommes de terre bouillies pelées	70	Laitage	30
Colas, sodas	70	Haricots secs, blancs	30
Biscuits	70	Lentilles brunes, jaunes	30
Riz blanc, lait de riz	70	Pois chiches	30
Maïs moderne	70	Haricots verts	30
Nouilles, raviolis	70	Vermicelles de soja	30
Raisin sec	65	Marmelade sans sucre	22
Pain bis	65	Lentilles vertes	22
Pommes de terre cuites avec la peau	65	Flageolets	22
Betteraves	65	Pois cassés	22
Confitures sucrées	65	Chocolat noir (+ de 70 % de cacao)	22
Semoule raffinée	60	Amandes, noisettes, noix	22
Riz long	60	Fructose, sirop d'agave	20
Semoule raffinée	60	Avocat	20
Bananes mûres, melons	60	Soja, cacahuètes	15
Spaghettis blancs, bien cuits	55	Abricots frais	15
Biscuits sablés	55	Légumes verts, tomates, oignons, salades...	< 15

La notion de charge glycémique (IG)

- prend à la fois en compte l'index glycémique des aliments mais également la quantité de glucides ingérés.
- **Charge Glycémique = (IG x quantité de glucides d'une portion d'aliment) / 100**
- Un **aliment à IG élevé**, mais consommé en petite quantité, aura une **CG basse**, et sera neutre pour la glycémie
- Le **calcul de la charge glycémique** permettra donc une **mesure plus fine**, mais aussi et surtout plus réaliste de **l'influence d'un aliment sur la glycémie**.

Voici quelques exemples de **calcul de charge glycémique** :

• Pour une assiette de **175 g de carottes cuites** : IG de 85, quantité de glucides : 9,6 g.

$$\text{CG} = (9,6 \times 85) / 100 = \mathbf{8}.$$

• Pour un bol de **30 g de corn flakes** : IG de 85, quantité de glucides = 25 g.

$$\text{CG} = (25 \times 85) / 100 = \mathbf{21}.$$

• Pour une assiette de **150 g de purée de pommes de terre** : IG de 95, quantité de glucides : 22,5 g.

$$\text{CG} = (22,5 \times 95) / 100 = \mathbf{21}.$$

• Pour une assiette de **105 g de riz complet** : IG de 50, quantité de glucides : 23 g.

$$\text{CG} = (23 \times 50) / 100 = \mathbf{11}.$$

Attention, la mesure des CG basses, modérées, élevées, n'est pas la même que celles de l'IG qui montent jusqu'à 110.

•CG basse : inférieure ou égale à 10

•CG modérée : comprise entre 11 et 19

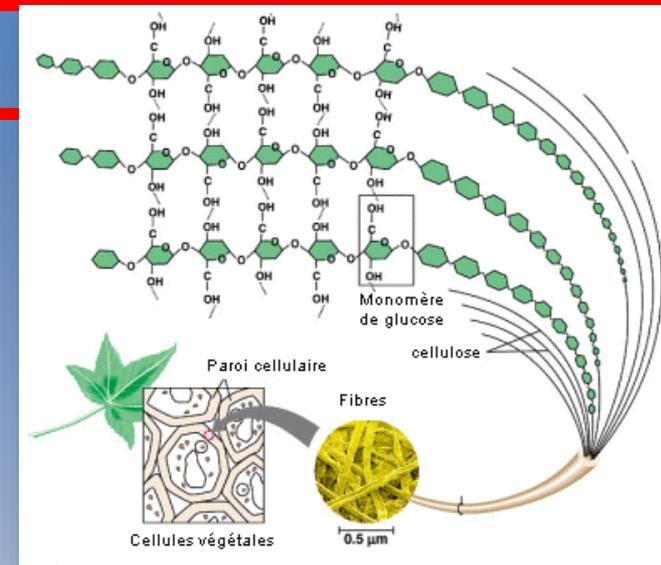
•CG élevée : supérieure à 20

La charge glycémique par jour : elle est **basse** en restant inférieure à 80, **modérée** de 80 à 120, et **élevée** si elle est supérieure à 120.

Aliments	Quantité de Glucides (pour 100 g)	IG	CG
Bière	5	110	6
Pommes de terre cuites au four	25	95	24
Frites	33	95	31
Pain blanc	55	85	46
Pastèque	7	75	5
Pommes de terre bouillies sans leur peau	20	70	14
Soda	11	70	8
Confiture	30	65	19
Couscous, semoule	25	65	16
Riz basmati	23	50	12
Riz complet	23	50	12
Pâtes complètes	19	45	9
Pâtes cuites « al dente »	25	40	10
Haricots	11	35	3
Pomme, poire	12	38	4
Pain intégral	45	40	18
Carottes	7	30	2
Abricots secs	63	30	18
Chocolat noir (70% de cacao)	32	25	8
Lentilles	17	25	4
Soja	15	15	2
Cacahuètes	9	15	1
Noix	5	15	1
Légumes verts	5	10	1

La cellulose (Les fibres)

Les fibres sont les glucides **non-digestibles** présents dans les végétaux. Étant donné qu'elles jouent de nombreux rôles dans l'organisme, les fibres sont un élément important d'une saine alimentation (bon fonctionnement des intestins)



- **Ingrédient riche en fibres peut diminuer l'impact sur la glycémie d'un repas**

On trouve les fibres dans les aliments suivants :

- Les fruits.
- Les légumineuses (haricots secs, lentilles, pois secs, haricots de soya)
- Les noix et les graines.
- Les légumes.
- Les produits à grains entiers ((pains, céréales, craquelins, pâtes alimentaires à grains entiers, le riz brun).

Qu'est-ce qui guide l'alimentation du sportif?

Rappels:

- Exo basse intensité: Jusqu'à 50% PMA, VMA,
- Exo moyenne intensité: de 50% à 70% PMA, VMA
- Exo Haute intensité: 70% à 100% PMA, VMA
- Très haute intensité: 100% à 150% PMA, VMA
- Sprint (all out): >150% PMA et VMA

- 1h à 1h30 à 70% de VO₂max en moyenne sans apport énergétique = Exercice type épuisant les réserves en glycogène

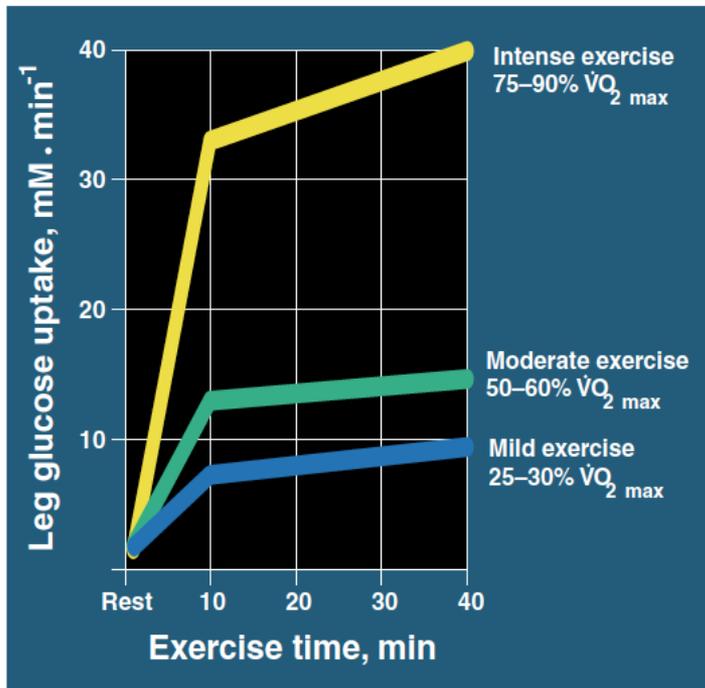


FIGURE 5.3. Exercise duration and intensity affect blood glucose uptake by the leg muscles. Exercise intensity is expressed as a percentage of an individual's $\dot{V}O_{2max}$. (From Felig P, Wahren J. Fuel homeostasis in exercise. *N Engl J Med* 1975;293:1078.)

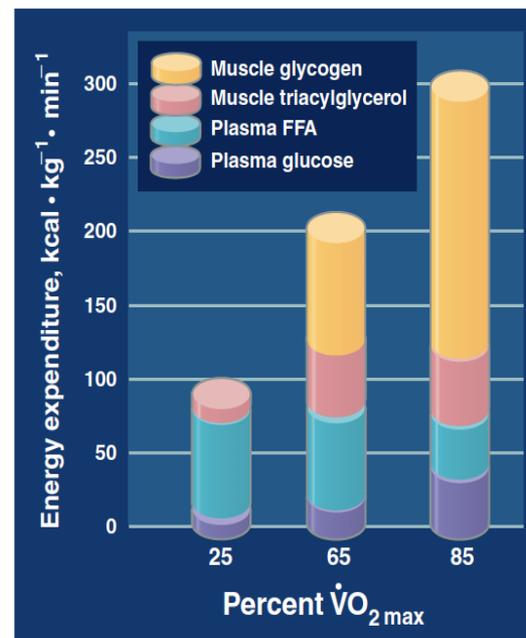


FIGURE 5.9. Steady-state substrate use calculated using three isotopes and indirect calorimetry in trained men performing cycle ergometer exercise at 25, 65, and 85% of $\dot{V}O_{2max}$. As exercise intensity increases, absolute use of glucose and muscle glycogen increases, whereas muscle triacylglycerol and plasma FFA use decreases. (From Romijn JA, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* 1993;265:E380.)

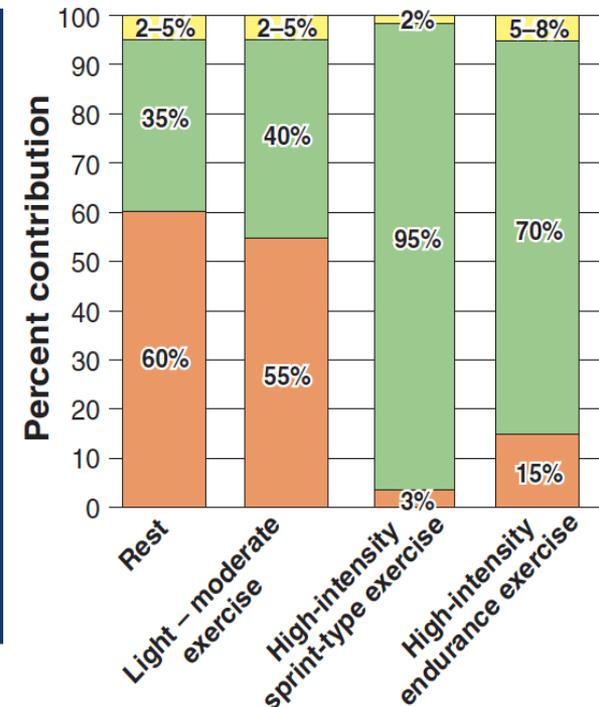


FIGURE 5.2. Generalized illustration of the contribution of the carbohydrate (green), fat (orange), and protein (yellow) macronutrients to energy metabolism at rest and during various intensities of exercise.

Rappels sur la vitesse de resynthèse des réserves énergétiques

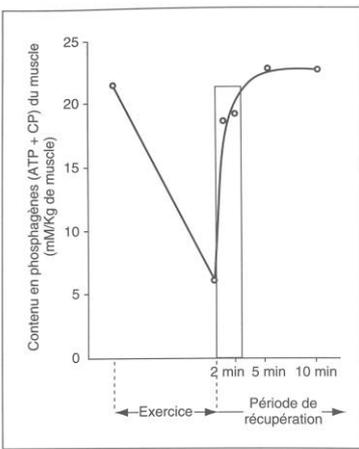


Figure 3.16

Resynthèse des phosphagènes (ATP-CP) après un exercice épuisant de 10 min sur bicyclette ergométrique (Hultman et coll., 1967).

Figure 3.18

Resynthèse du glycogène musculaire après un fractionné (1 min à PMA suivi de 3 min de récupération) conduit jusqu'à épuisement (McDougall et coll., 1977).

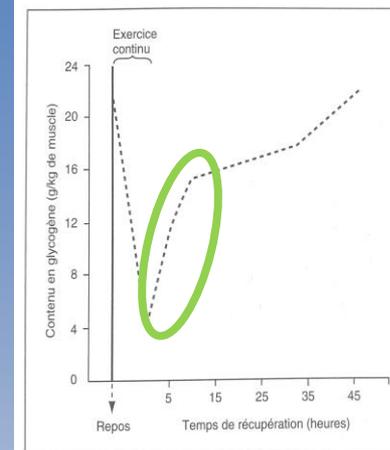
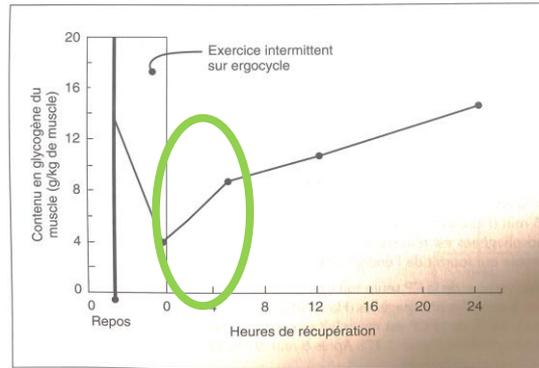


Figure 3.19

Resynthèse du glycogène musculaire après un exercice d'endurance épuisant (Hultman et Bergström, 1967 ; Piehl, 1974).

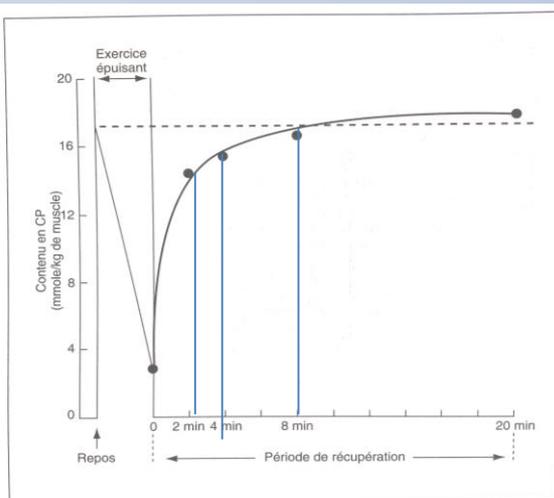


Figure 3.17

Resynthèse de la CP après un exercice épuisant (Harris et coll., 1976).

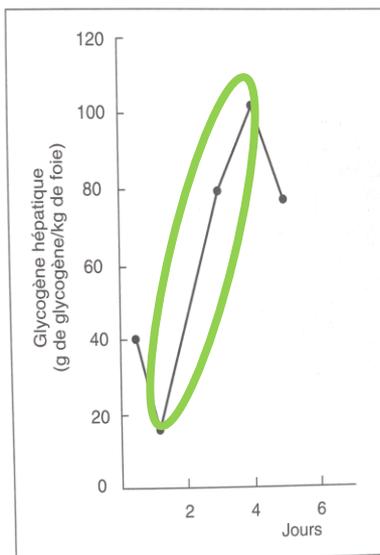


Figure 3.20

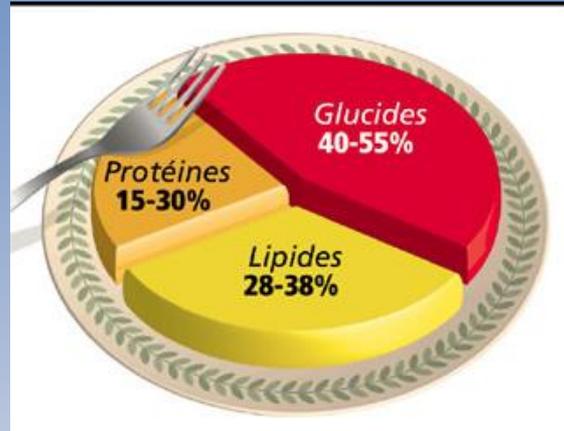
Resynthèse du glycogène hépatique après 1 heure d'exercice intense (Hultman et Nilsson, 1971).

Processus de récupération	Temps de récupération minimum	Temps de récupération maximum
Phosphagènes (ATP — CP)	2 min	5 min
Glycogène musculaire	10 h (après un ex. continu)	46 h
	5 h (après un ex. fractionné)	24 h
Glycogène hépatique	inconnu	12 – 24 h

Tableau 3.3

Durées minimales et maximales des périodes de récupération après un exercice conduit jusqu'à épuisement (Fox et Mathews, 1984).

Recommandation Macro-nutriments



- Utiliser les recommandations en g/kg pour les macronutriments
- Vérifier ensuite les %
- Ex: Bob 80 kg : 4g/kg de Glucides (320g = 1280kcal, 1,2g/kg de Lipide (96g= 864kcal) et 2g/kg de protéines (160g = 640kcal) = 2784 kcal dont 45% Glu, 31% LIP et 22% Protéines

- Différentes recommandations selon différentes sociétés savantes

Table 3. Summary of daily carbohydrate requirements

Organization	Physical Activity Level	g/kg BW per day
ACSM	Athletes	6-10
ISSN	General physical activity, 30-60 min/d, 3-4 times a week	3-5
	Moderate- to high-intensity volume, 2-3 h/d, 5-6 times a week	5-8
	High-volume, intense exercise, 3-6 h/d, 1-2 sessions, 5-6 times a week	8-10
IOC	Low-intensity or skill-based activities	3-5
	Moderate exercise program, ~1 h/d	5-7
	Endurance program, moderate to high intensity, 1-3 h/d	6-10
	Strength-trained athletes	4-7
	Extreme commitment, moderate to high intensity, >4-5 h/d	8-12

ACSM, American College of Sports Medicine; BW, body weight; IOC, International Olympic Committee; ISSN, International Society for Sports Nutrition.

Table II. Summary of guidelines for carbohydrate intake by athletes.

Situation	Carbohydrate targets	Comments on type and timing of carbohydrate intake
DAILY NEEDS FOR FUEL AND RECOVERY: <i>these general recommendations should be fine-tuned with individual consideration of total energy needs, specific training needs, and feedback from training performance</i>		
Light	<ul style="list-style-type: none"> ● Low-intensity or skill-based activities 3–5 g · kg ⁻¹ of athlete's body mass per day	<ul style="list-style-type: none"> ● Timing of intake may be chosen to promote speedy refuelling, or to provide fuel intake around training sessions in the day. Otherwise, as long as total fuel needs are provided, the pattern of intake may simply be guided by convenience and individual choice ● Protein- and nutrient-rich carbohydrate foods or meal combinations will allow the athlete to meet other acute or chronic sports nutrition goals
Moderate	<ul style="list-style-type: none"> ● Moderate exercise programme (i.e. ~1 h · day⁻¹) 5–7 g · kg ⁻¹ · day ⁻¹	
High	<ul style="list-style-type: none"> ● Endurance programme (e.g. moderate-to-high intensity exercise of 1–3 h · day⁻¹) 6–10 g · kg ⁻¹ · day ⁻¹	
Very high	<ul style="list-style-type: none"> ● Extreme commitment (i.e. moderate-to-high intensity exercise of >4–5 h · day⁻¹) 8–12 g · kg ⁻¹ · day ⁻¹	

- Globalement en dessous de 5h à 7h d'entraînement/ semaine par besoin de changer ses apports
- **Le plus important est le timing des apports pour avoir les bonnes réserves au bon moment**
- **Toujours commencer par la recommandation la plus faible dans chaque catégorie**
- **Dans les périodes d'entraînement très intenses (ex: semaines de développement PMA avec des sessions journalières), prévoir des aliments très denses nutritionnellement (riches en glucides, protéines, vitamines et minéraux)**

- Dans les quelques jours et heures pré compétition et post compétition

ACUTE FUELLING STRATEGIES: *these guidelines promote high carbohydrate availability to promote optimal performance in competition or key training sessions*

General fuelling up	<ul style="list-style-type: none"> • Preparation for events <90 min exercise 	7–12 g · kg ⁻¹ per 24 h as for daily fuel needs	<ul style="list-style-type: none"> • Athletes may choose compact carbohydrate-rich sources that are low in fibre/residue and easily consumed to ensure that fuel targets are met, and to meet goals for gut comfort or lighter “racing weight”
Carbohydrate loading	<ul style="list-style-type: none"> • Preparation for events >90 min of sustained/intermittent exercise 	36–48 h of 10–12 g · kg ⁻¹ body mass per 24 h	<ul style="list-style-type: none"> • There may be benefits in consuming small regular snacks
Speedy refuelling	<ul style="list-style-type: none"> • <8 h recovery between two fuel demanding sessions 	1.0–1.2 g · kg ⁻¹ · h ⁻¹ for first 4 h then resume daily fuel needs	<ul style="list-style-type: none"> • Compact carbohydrate-rich foods and drinks may help to ensure that fuel targets are met
Pre-event fuelling	<ul style="list-style-type: none"> • Before exercise >60 min 	1–4 g · kg ⁻¹ consumed 1–4 h before exercise	<ul style="list-style-type: none"> • The timing, amount, and type of carbohydrate foods and drinks should be chosen to suit the practical needs of the event and individual preferences/experiences • Choices high in fat/protein/fibre may need to be avoided to reduce risk of gastrointestinal issues during the event • Low GI choices may provide a more sustained source of fuel for situations where carbohydrate cannot be consumed during exercise

- Si exo < 90min, la pré-charge en glucides se fait sur 24h
- Si exo > 90min, la pré-charge en glucides se fait sur 36-48h (on laisse tombé le bon vieux régime scandinave dissocié)
- Lors de la récup, les vitesses de resynthèse du glycogène sont optimales avec des apports en 1,0 et 1,2 g/kg/h durant les 4 premières heures (mélanger les types de glucides) solid or liquid forms of carbohydrates similarly promote glycogen resynthesis allowing athletes more flexibility when selecting food sources [40, 41]
- Dernier repas
- Si exo < à 60min, pas de recommandations spécifiques à part un apport en glucides
- Si exo > à 60min, apporter 1 à 4 g/kg au moment du dernier repas pré-exo

- 95% des données sont obtenues chez les garçons donc il faut quasiment tout adapter et tester pour les filles
- Pour la surcharge glucidique:
- It is important to mention that due to noted sex differences related to carbohydrate metabolism and the supercompensation of glycogen stores, female athletes may need to significantly increase total caloric intake over these “loading days” to achieve effects similar to males [31].

• Pendant l'exo

During brief exercise	• <45 min	Not needed	<ul style="list-style-type: none"> • A range of drinks and sports products can provide easily consumed carbohydrate • Opportunities to consume foods and drinks vary according to the rules and nature of each sport • A range of everyday dietary choices and specialised sports products ranging in form from liquid to solid may be useful • The athlete should practice to find a refuelling plan that suits their individual goals including hydration needs and gut comfort
During sustained high-intensity exercise	• 45–75 min	Small amounts including mouth rinse	
During endurance exercise including “stop and start” sports	• 1.0–2.5 h	30–60 g · h ⁻¹	
During ultra-endurance exercise	• >2.5–3.0 h	Up to 90 g · h ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> • As above • Higher intakes of carbohydrate are associated with better performance • Products providing multiple transportable carbohydrates (glucose:fructose mixtures) will achieve high rates of oxidation of carbohydrate consumed during exercise

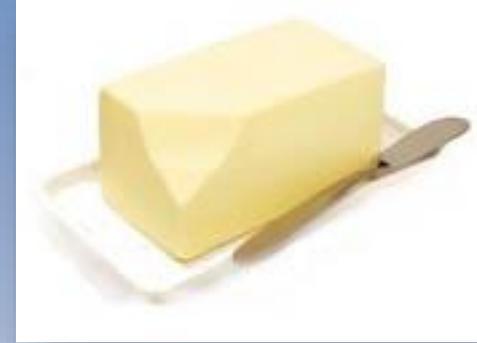
- Si exo <45min, pas d'apport nécessaire durant l'exo ou des simples rinçages avec des boissons glucidiques seraient suffisants (10sec toutes les 5-10min)
- Si exo 45min à 75min intensité moyenne > 70% VMA, apports aux environs de 20g-30g répartis sur toute la durée sous forme de boisson et/ou des simples rinçages avec des boissons glucidiques seraient suffisants (10sec toutes les 5-10min)
- Si exo 60min à 2,5h, apports de 30-60g/h sous forme liquide ou soft (compote, gel, pâte de fruit)
- Si exo >2,5h, apports de 90g/h (jusqu'à 120g/h si supporté) sous forme liquide ou soft (type compote, pâte de fruit) et introduire du plus solide si envie et supporté

Les Lipides ou corps gras

Molécule organique qui contient des atomes de carbone, hydrogène et oxygène (C, H, O)

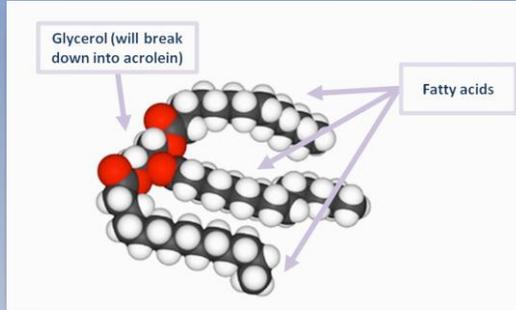
Insoluble dans l'eau

On les trouve dans les graisses animales et les huiles végétales



Les Lipides ou corps gras

Lipides simples ou homolipides



- Acides gras
- Triglycérides
(3AG + 1 glycérol)

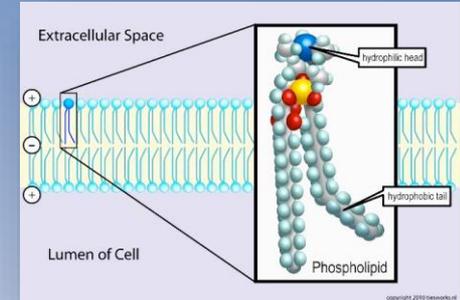
mise en réserve de AG par l'organisme

Principale réserve d'énergie

stockées dans le tissu adipeux et le foie.
Il protègent aussi l'organisme contre le froid et les chocs mécaniques

Lipides complexes ou hétérolipides

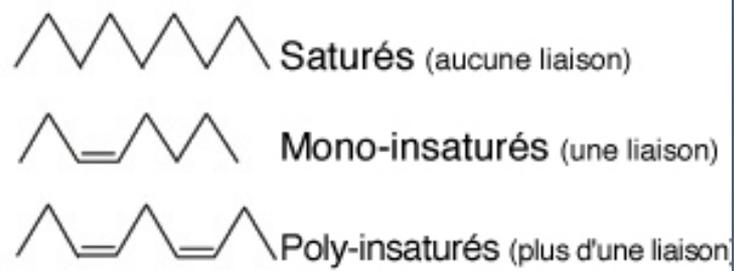
- Les phospholipides,
- Glycolipides



Dérivés des triglycérides, entrent dans la **composition des membranes cellulaires**, apportent leur propriété de perméabilité sélective.

Stéroïdes et vitamines liposolubles

Le cholestérol (stéroïde) est un composé primordial des membranes cellulaires.
Il est précurseur de certaines hormones et de la vitamine D testostérone



Triglycérides (3AG + 1 glycérol)

Structure très variable
 - longueur de la chaîne
 - degré d'insaturation

Nombre de double liaisons présentes dans la chaîne carbonée

Acides gras saturés (AGS)

Pas de double liaison



Acides gras mono insaturés (AGMI)

Une double liaison



Huile d'olive (neutre)

Oméga-3
(huile de colza)

Acides gras poly insaturés (AGPI)

>2 doubles liaisons

Acides gras « essentiels » AGE
 Ne peuvent être synthétiser l'homme



Oméga-6 (huile de tournesol, palme, mais, arachide)

Stockage des AG sous forme de triglycérides

Lipogenèse

Dégradation des triglycérides (tissu adipeux) en AG et glycérol

Lipolyse

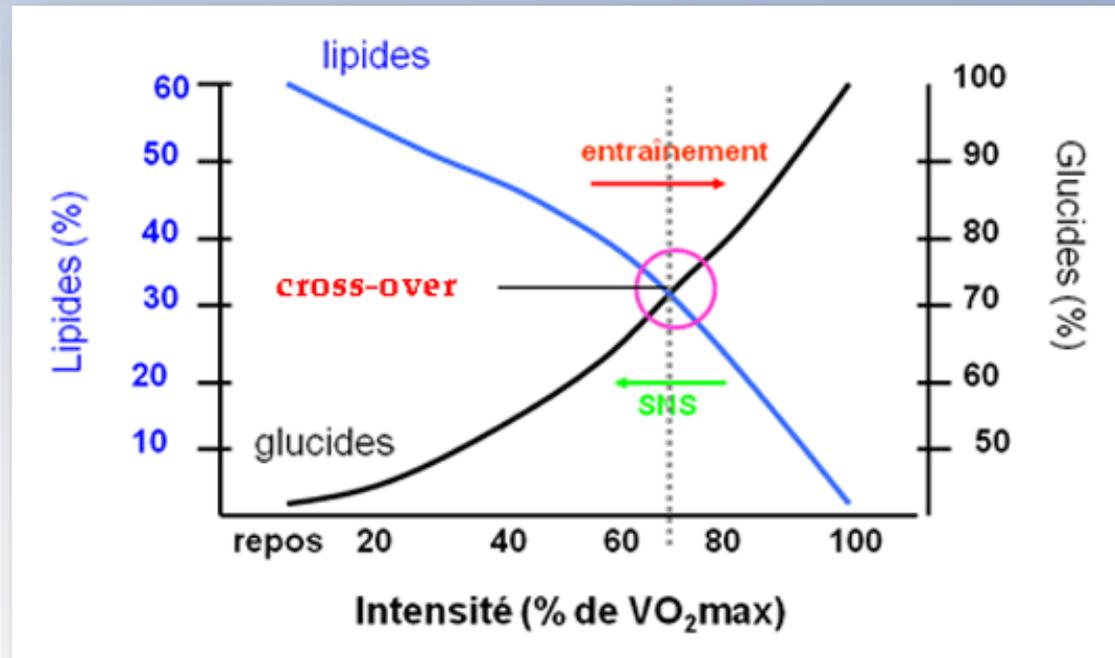
*Enzyme clé :
Lipase Hormono-
Sensible (LHS)*

activée avec :

- jeûne
- Activité physique
- Exposition au froid

Les AG sont transportés par le sang (liés à l'albumine)

Substrats énergétiques pour le muscle
Mais aussi le foie, le rein, le myocarde



Lipides et alimentation du sportif

Qualitativement

Les recommandations générales s'appliquent au sportif !



Acides gras saturés (AGS)

25%

*Végétaline (80-90g AGS/100g)
Beurre (50-65% AGSg AGS/100g)*

Acides gras mono insaturés (AGMI)

60%

*Huile d'olive (70-75g AGMI /100g)
Huile de colza (60-70g AGMI/100g)*

Acides gras poly insaturés (AGPI)

15%

**ω -3/ ω -6 = 1/4 :
rapport recommandé**

ANC



Acide α -linoléinique (C18 : 3 ω -3)

**1% des AET =
1,6 à 2g/J**

*Huile de noix
(12g /100g)*



acide linoléoïque (C18 : 2 ω -6)

**4% des AET =
8 à 10g /J**

*Huile de tournesol
60-70g /100g*

Lipides et alimentation du sportif

L'apport total en lipides doit être suffisant : besoins en AGE et vitamines liposolubles
(souvent <25% chez certains sportifs)

Apports minimal recommandé : 1 à 1,2g / kg/ j

Acides gras saturés (AGS)

Limiter les apports (part importante de l'apport énergétique, proviennent surtout des lipides d'origine animale) (principalement acide palmitique (C16 : 0) et acide stéarique ((C18:0)

Apports importants en AGS => Risques d'apparition de maladies cardio-vasculaires

Acides gras mono insaturés (AGMI)

Représentant majeur : acide oléique (C18:1, ω 9)

Rôle protecteur contre l'athérosclérose (huile d'olive, viande de porc, avocat, volaille, amandes)

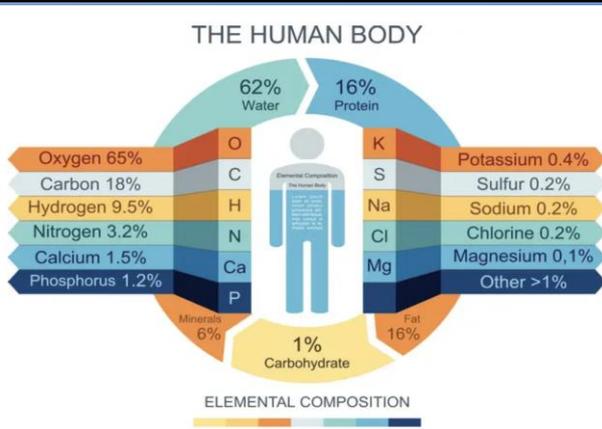
Acides gras poly insaturés (AGPI)

Essentiellement d'origine végétale

ω 3 : moins répandu : huiles de colza, noix, soja, germe de blé, poissons gras (sardine, saumon)

ω -6 : huile de pépins de raisins, tournesol, noix, maïs

Acides aminés et Protéines



16% de protéines

- Protéines contractiles (actine et myosines)
- Protéines du régulant le cycle excitation/contraction
- Enzymes des métabolismes énergétiques
- Protéines pour fabriquer des mitochondries
- Protéines structurelles (titine/ex)
-



Performance

Acides aminés et Protéines

- Acides aminés = atomes carbone (C), oxygène (O), hydrogène (H), azote (N)
- Acides aminés qui se regroupent ensemble pour former des chaînes plus ou moins longues :
 - Dipeptide= 2 acides aminés
 - Tripeptide= 3 acides aminés
 - Oligopeptide= 4 à 10 acides aminés
 - Polypeptide = 20 à 100 acides aminés
 - **Protéine = plus de 100 acides aminés**

ESSENTIELS (8)

-Isoleucine
-**Leucine**
-Lysine
-Méthionine
-Phénylalanine
-Thréonine
-Tryptophane
-valine

SEMI-ESSENTIELS (2)

-Histidine
-**Arginine**

NON-ESSENTIELS (10)

-alanine
-asparagine
-cystéine
-**Glutamine**
-proline
- tyrosine
-Acide aspartique
- acide glutamique
-glycine
-serine

Isoleucine, Leucine, Valine ➡ **Acides Aminés Branchés (BCAA)**

Acides aminés et Protéines

❖ **Protéine incomplète** = manque un ou plusieurs acides aminés essentiels

↳ **Acide aminé limitant** : AAE trouvé en plus faible quantité dans l'aliment

↳ Objectif de l'alimentation :

combiner les aliments protéiques : **obtenir tous les acides aminés essentiels**

↳ Légumineuses (manque de méthionine) + Céréales (manque de lysine) = Protéines complètes

- 8 acides aminés qui doivent être présents dans un ratio précis nommé **PDCAAS** (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score)pour former une protéine complète.
- Les protéines animales sont bien équilibrées.
- **Tous les aliments végétaux contiennent des protéines complètes.** Mais ce ne sont pas tous les aliments qui contiennent uniquement des protéines complètes.
- On constate une forte variation de qualité des protéines entre chaque aliment, quelle que soit la catégorie
- La **valeur biologique (VB)** d'une [protéine alimentaire est une mesure de la proportion de cette protéine qui est incorporée dans les protéines de l'organisme.](#) Le ratio de l'azote incorporé dans l'organisme par rapport à l'azote total ingéré donne une mesure de l'utilisation de la protéine

Aliments	PDCAAS
Oeuf	1
Lait de vache	1
Tofu	0,93
Boeuf	0,92
Blanc de poulet	0,91
Soja	0,91
Thon	0,90
Pois chiche	0,78
Haricot noir	0,75
Légumes	0,73
Autres pois et légumes en général	0,70
Fruits frais	0,64
Céréales et dérivés	0,59
Arachide	0,52
Riz	0,50
Fruits séchés	0,48
Blé	0,42

Le PDCAAS d'un aliment n'est pertinent que dans le cas où il est **consommé seul**. En effet, en mangeant deux aliments différents, leur PDCAAS respectif disparaît et un nouveau les remplace. Ce nouveau score correspond à la **combinaison des acides aminés** des deux aliments.

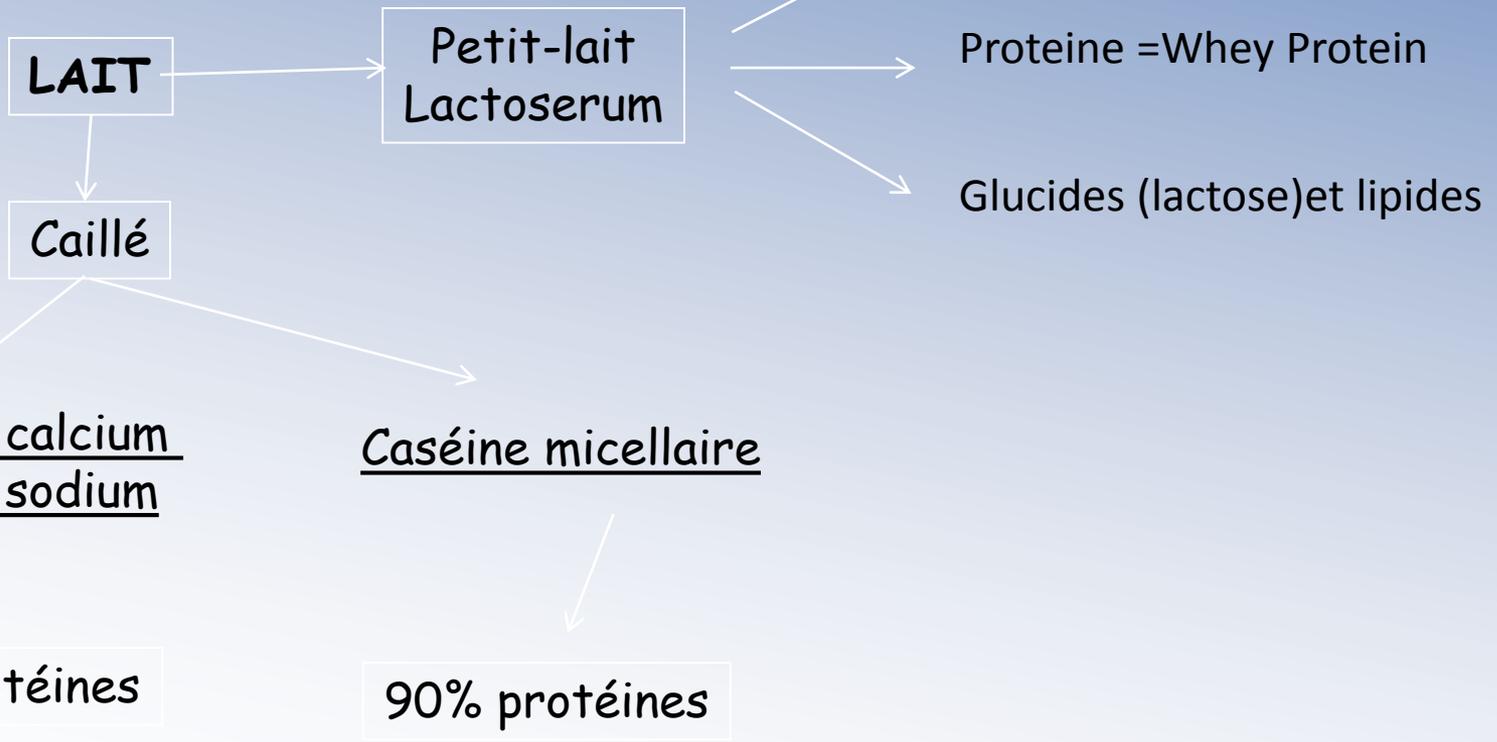
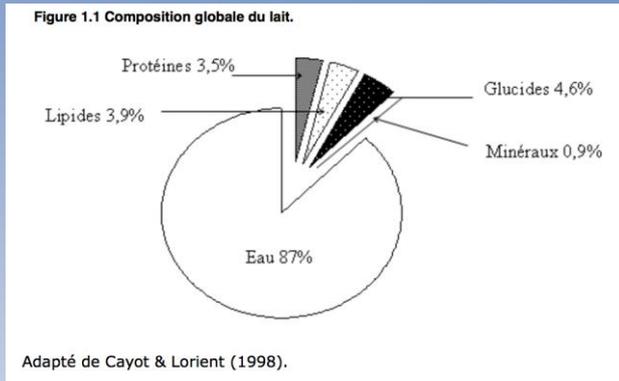
	Digestibilité réelle (%)	Index chimique (%)	PDCAAS
Protéines d'origine animale			
Viande de bœuf	98	94	0,92
Blanc d'œuf	100	119	1
Lait (écrémé)	94	110	1
Caséine (protéine du lait)	99	119	1
Protéines d'origine végétale			
Soja, concentré	95	104	0,99
Soja, isolé	98	94	0,92
Blé, farine	90	46	0,41
Pois chiche	88-89	74-81	0,66-0,71
Lentilles	84	62	0,52
Haricots blancs	81	84	0,68

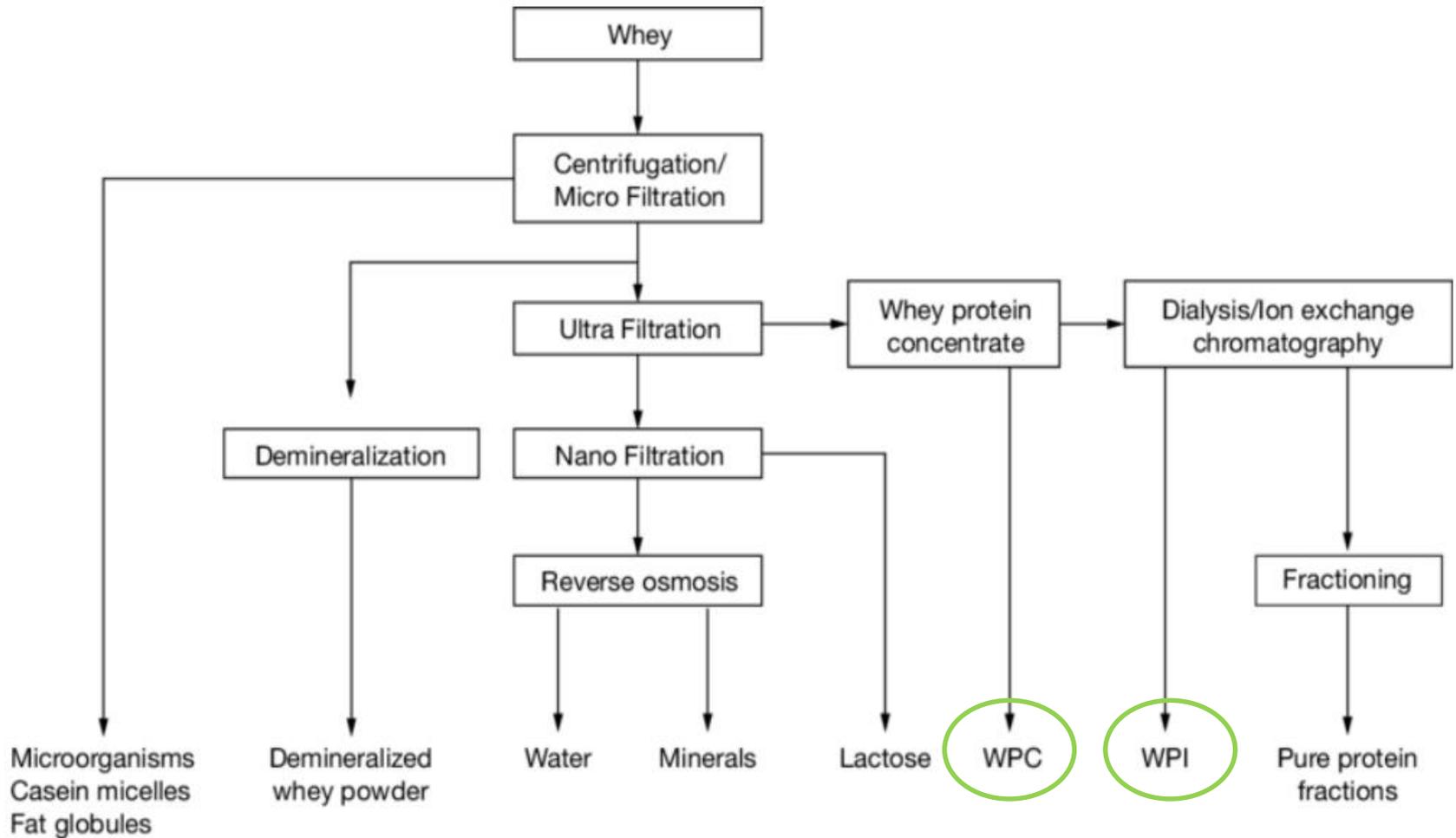
Qualité protéines animales

>

Qualité protéines végétales

- Lait = 80% caséine / 20% lactosérum
- Riche en BCAA et en glutamine





	Protéines	Lactose	Lipides	Vitamines	Minéraux	VB
Petit- lait	10-13%	70-75%	10%	B1 B2 B6	Calcium	91
Whey Protein Concentrate	70-85%	8%	5%	Idem + ajout	Idem + ajout	104
Whey Protein Isolate	90-95%	<1%	<1%	Idem + ajout	Idem + ajout	114

Protéines du Lactosérum :

- ✓ b-lactoglobuline
- ✓ α-lactalbumine
- ✓ Serum albumine
- ✓ Immunoglobuline
- ✓ lactoferrine

Riches en acides aminés soufrés
(méthionine et cystéine)

Riches en BCAA (25%)

Riche en glutamine, Arginine et
Leucine

B- Les différentes WHEY

	VB	AVANTAGES	INCONVENIENTS
WPC	104	Moins couteuse Bonne assimilation	« Moins » de protéines Lactose (intolérance) Graisse
WPI	114	Sans lactose Pauvres en lipides Très bonne assimilation	Couteux Pertes de protéines et minéraux selon les méthodes de filtration

➡ Existence de WHEY mélangées : concentré + isolat + hydrolysat

D- Poudre de blanc d'oeuf



Blanc d'oeuf pasteurisé
et séché 100% pur.

Œuf entier

Blanc d'oeuf

Ultrafiltration
Fermentation
Séchage
Pasteurisation

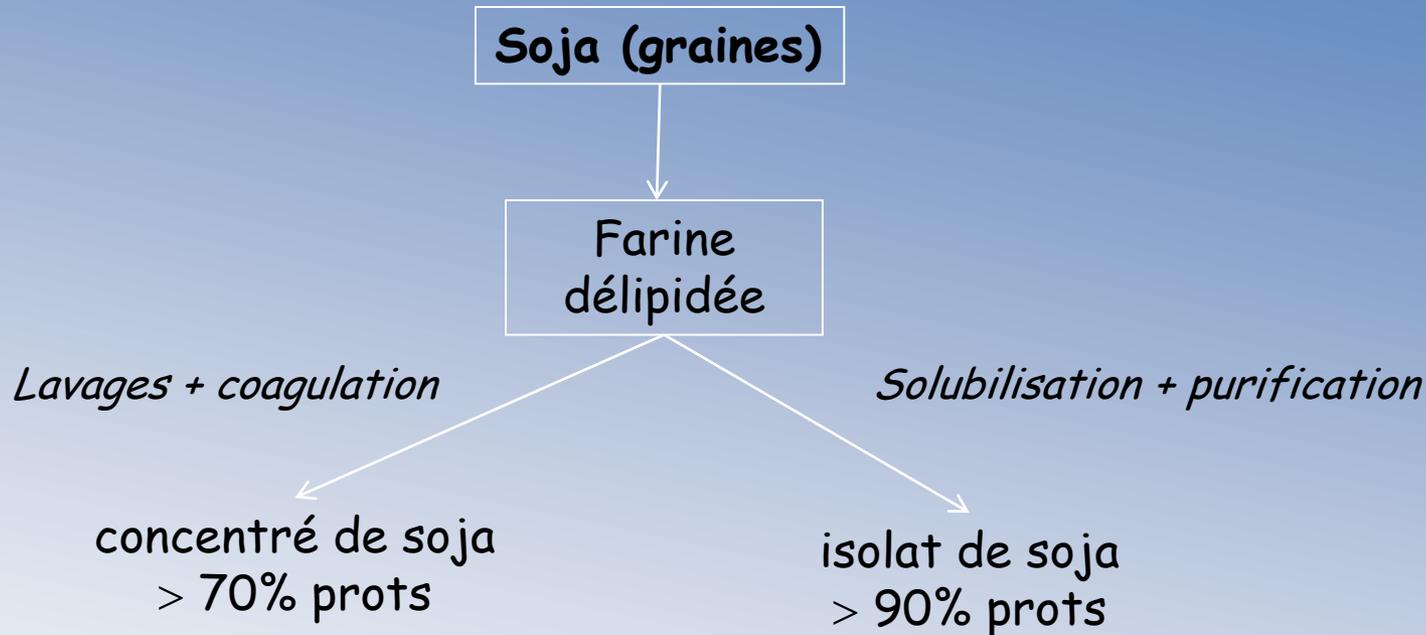
concentré de blanc
> 70% prots



calcium caséine, protéine de lait,
protéine concentré de petit-lait,
albumine de blanc d'oeuf,
arôme de vanille,
gomme xanthane, sucralose,
acésulfame de potassium.

- Bonne digestibilité
- Pas les avantages de l'œuf entier (vitamines)
- Prix élevé, dissolution difficile, gout désagréable

II- SOURCES VEGETALES: SOJA

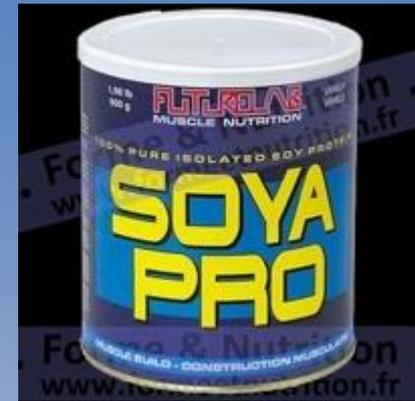


Protéines: 89.00 g
Hydrates de Carbone:
4.00 g
Lipides: 1.00 g
indice chimique: 106

- Index PDCAAS = 99%
- Très bonne digestibilité / lait et œuf
- Meilleure protéines végétales
- Riches en phytoestrogènes



Comparaison WHEY // SOJA



Acides Aminés pour 100 g de Protéines (N 6.38)

L .Isoleucine	5.60 g
L.Leucine	13.45 g
L.Lysine	11.05 g
L.Méthionine + L.Cystine	5.35 g
L.Phénylalanine + L.Tyrosine	7.70 g
L.Thréonine	5.20 g
L.Tryptophane	2.65 g
L.Valine	6.54 g
Acide Aspartique	17.50 g
Acide Glutamique / L.Glutamine	28.75 g
L.Glycine	5.75 g
L.Proline	8.00 g
L.Sérine	6.15 g
Arginine	10,55

Acides Aminés pour 100 g de Protéines (N 6.38)

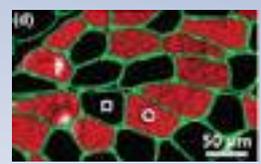
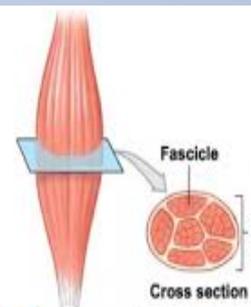
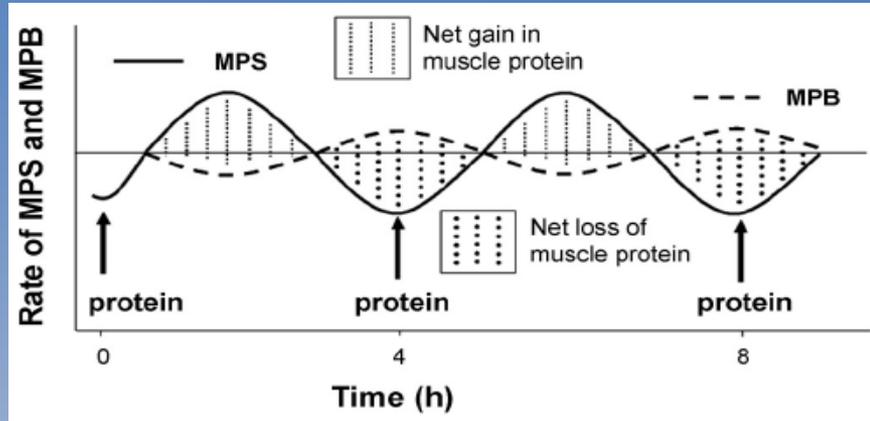
L.Isoleucine	4.90 g
L.Leucine	7.90 g
L.Lysine	6.30 g
L.Méthionine + L.Cystine	3.80 g
L.Phénylalanine + L.Tyrosine	8.60 g
L.Thréonine	4.30 g
L.Tryptophane	1.30 g
L.Valine	5.30 g
L.Arginine	7.50 g
L.Histidine	1.98 g
L.Alanine	4.30 g
Acide Aspartique	11.46 g
Acide Glutamique / L.Glutamine	18.57 g
L.Glycine	4.35 g
L.Proline	5.19 g
L.Sérine	4.39 g

Régulation Masse musculaire

Augmentation de la masse musculaire

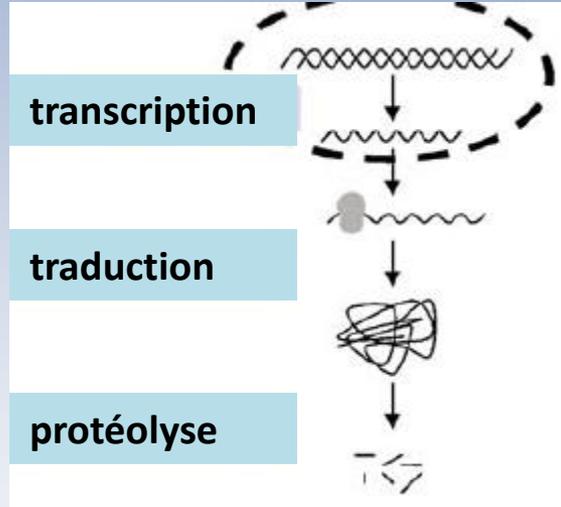
Augmentation Cross Sectional Area (CSA) des fibres (aire de section transversale)

↗ protéines / fibre (pas d'hyperplasie démontrée mais nouvelles études sur jumeaux remettent en questions ce dogme)



synthèse

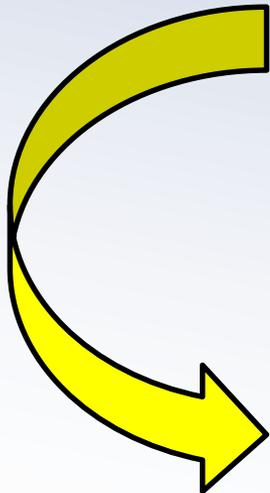
dégradation



ADN

ARNm

protéine



Masse musculaire = résultat de l'équilibre entre synthèse & dégradation

dégradation

Synthèse

Dégradation

synthèse

hypertrophie



atrophie

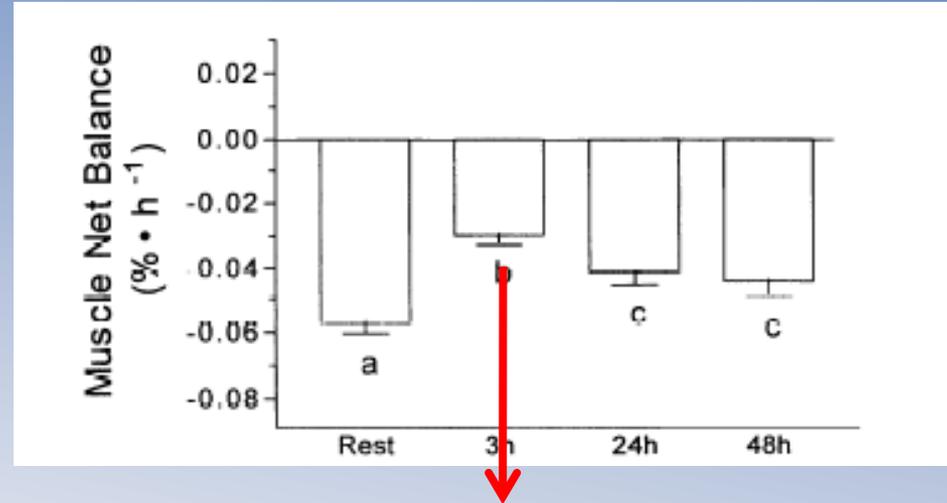
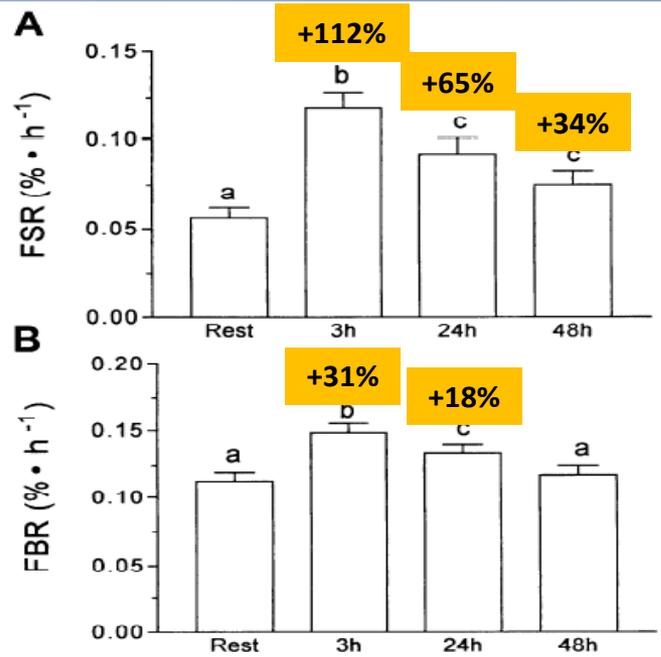
Effet d'un exercice en résistance sur la synthèse ?

Exercice en résistance chez des jeunes de 22 ans
8 x (8 x 80% 1RM) (protocole inscrit dans l'article)

FSR : Fractional Synthesis Rate: Synthèse protéique

FBR : Fractional Breakdown Rate : Dégradation protéique

Phillips et al. 1997



➤ =↑ Turn over protéique sans être forcément positif

➤ ↑ Synthèse protéique

➤ ↑ Dégradation

• Effets + marqués

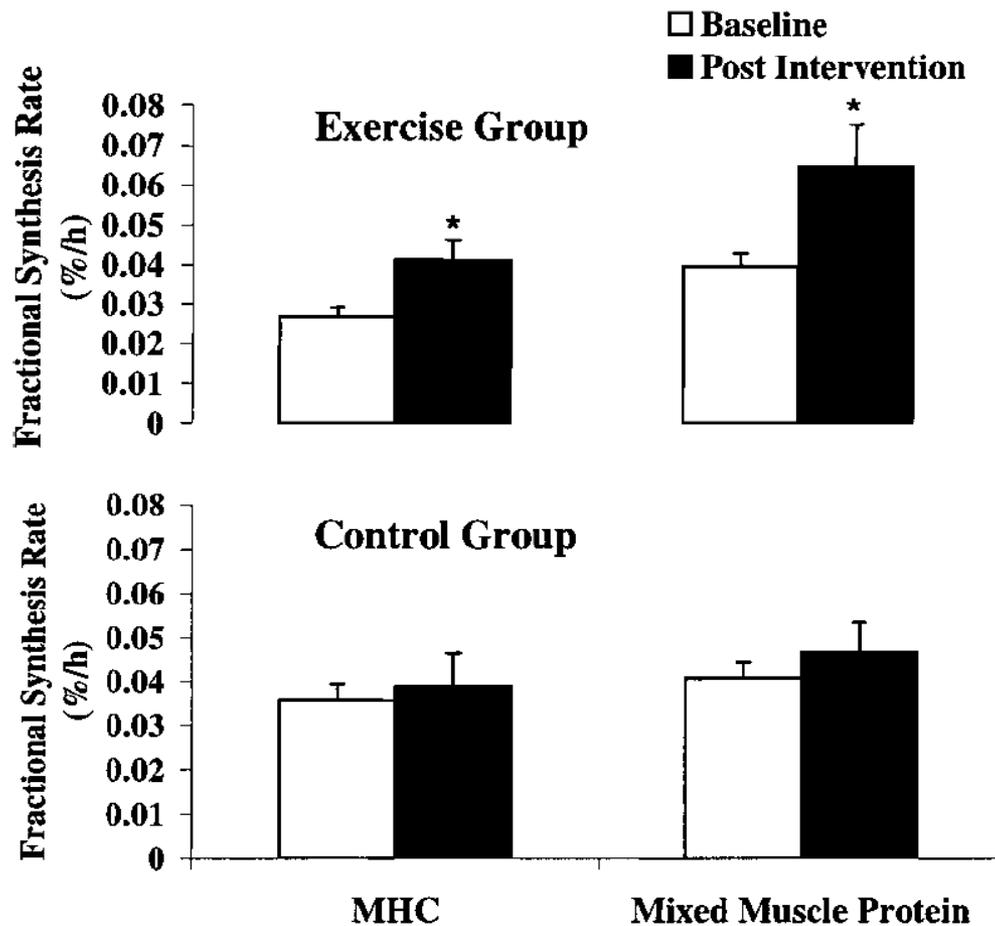
☐ exercice de **type excentrique**

☐ **muscles rapides**

• **Varie** au cours du temps post exercice

Attention Protéolyse post exercice n'est pas que délétère, elle est nécessaire pour éliminer les protéines endommagées ou permettent les shifts phénotypique (changement de type de fibres)

Effet d'un entraînement en résistance sur la synthèse ?
3 mois (60-90% RM, 4-10 répét, 2-4 séries, 5j/ sem)



Répétition sessions résistance

- ⇒ Élévation chronique de la protéosynthèse musculaire globale (mixed muscle protein)
- ⇒ Élévation chronique de la synthèse des protéines contractiles (MHC = Myosine)
- ⇒ Augmentation de la masse musculaire

Muscle protein synthesis and gene expression during recovery from aerobic exercise in the fasted and fed states

Matthew P. Harber, Adam R. Konopka, Bozena Jemiolo, Scott W. Trappe, Todd A. Trappe, and Paul T. Reidy

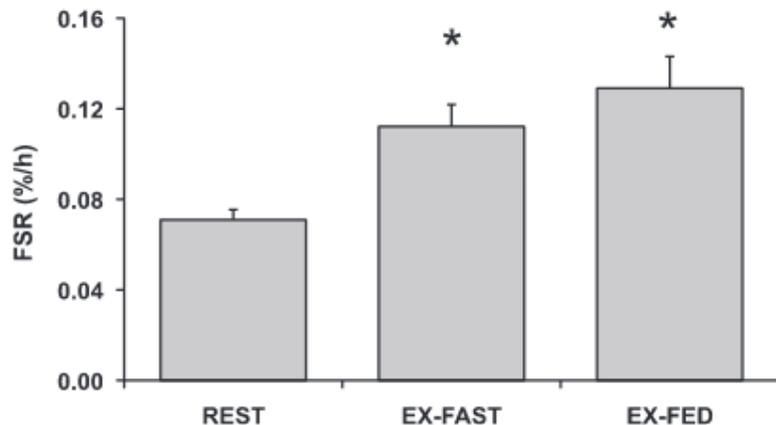


Fig. 3. Mixed muscle protein fractional synthesis rate (FSR) at rest and following exercise during exercise-fasting (EX-FAST) and exercise-fed (EX-FED) conditions. * $P < 0.05$ compared with rest. Data are expressed as means \pm SE.

Comme l'exo en résistance, Exo en endurance entraîne une augmentation de la synthèse protéique musculaire postexo et aussi de la dégradation protéique



- Reflet du remodelage musculaire :
- Remplacement des protéines endommagées
- Mitochondriogénèse
- Angiogénèse
- Shift phénotypique
- Protéines contractiles (essentiellement des myosines de type 1)

Aerobic Exercise Training Increases Skeletal Muscle Protein Turnover in Healthy Adults at Rest^{1,2}

Matthew A. Pikosky,* Patricia C. Gaine,* William F. Martin,* Kimberly C. Grabarz,* Arny A. Ferrando,[†] Robert R. Wolfe,[†] and Nancy R. Rodriguez^{*3}

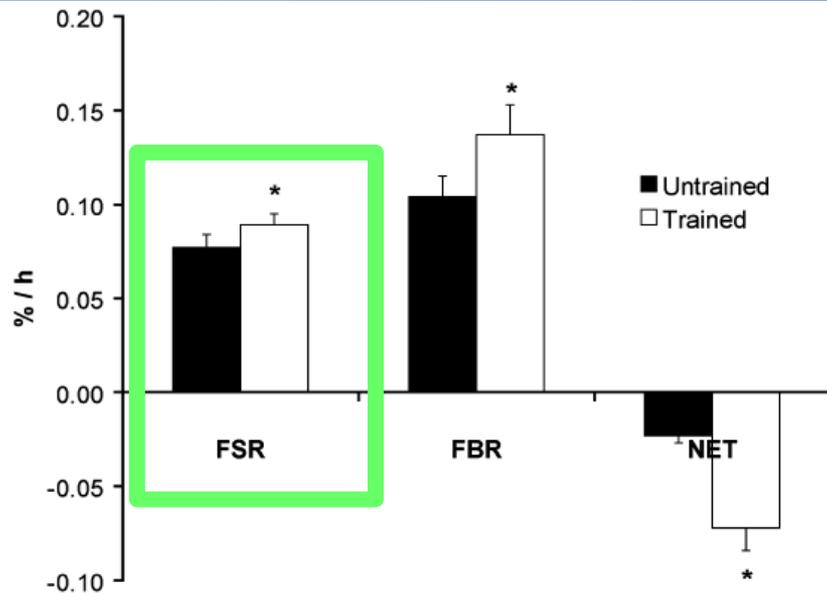


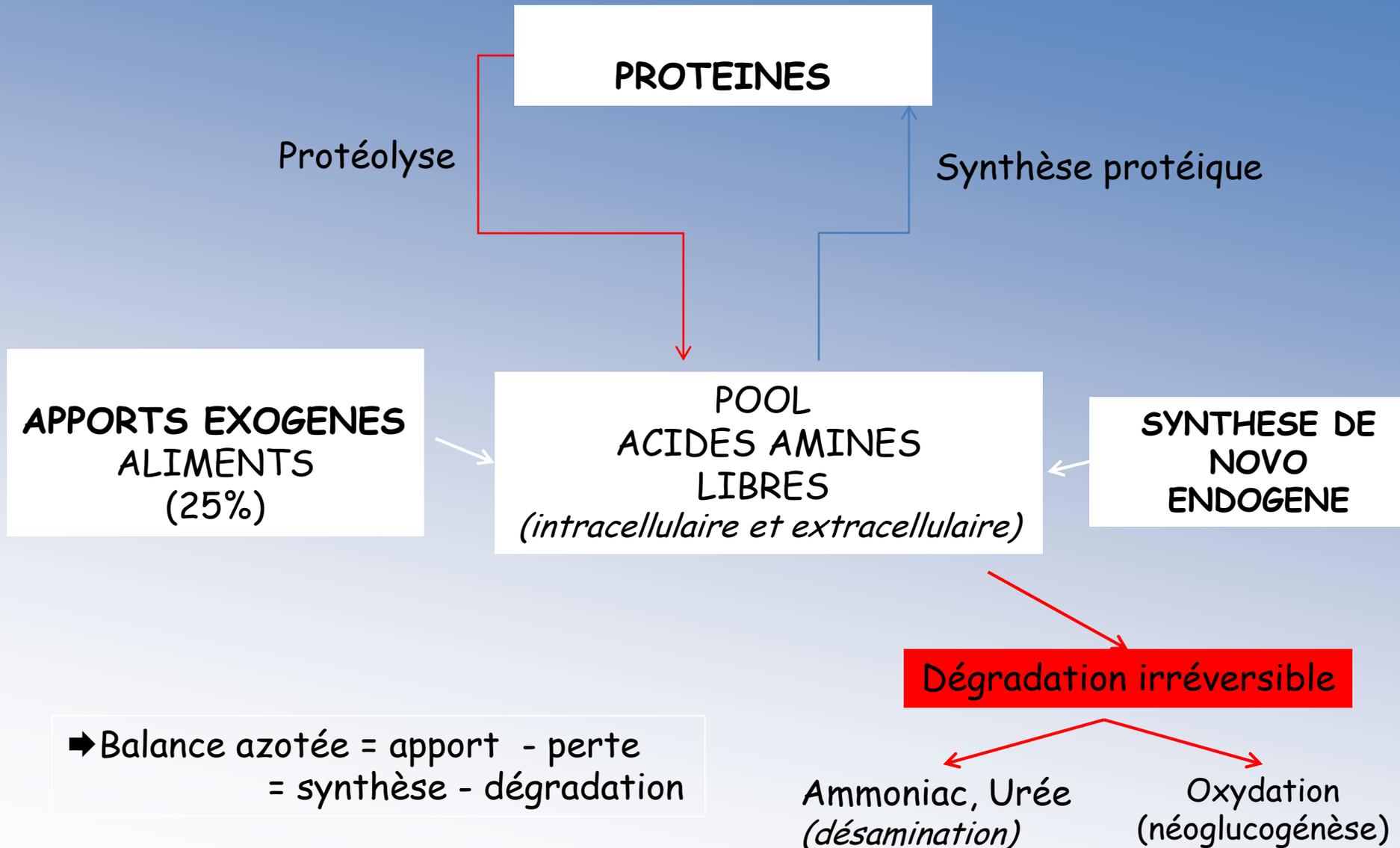
FIGURE 3 Mixed-muscle FSR, FBR, and NET in 8 healthy men and women who underwent 2 wk of dietary intervention and 4 wk of aerobic exercise training and dietary intervention at baseline (Untrained) and after the training (Trained). Values are means \pm SEM. *Different from Untrained, $P < 0.05$.

Key points

In the absence of feeding and in response to exercise, muscle protein balance remains negative.

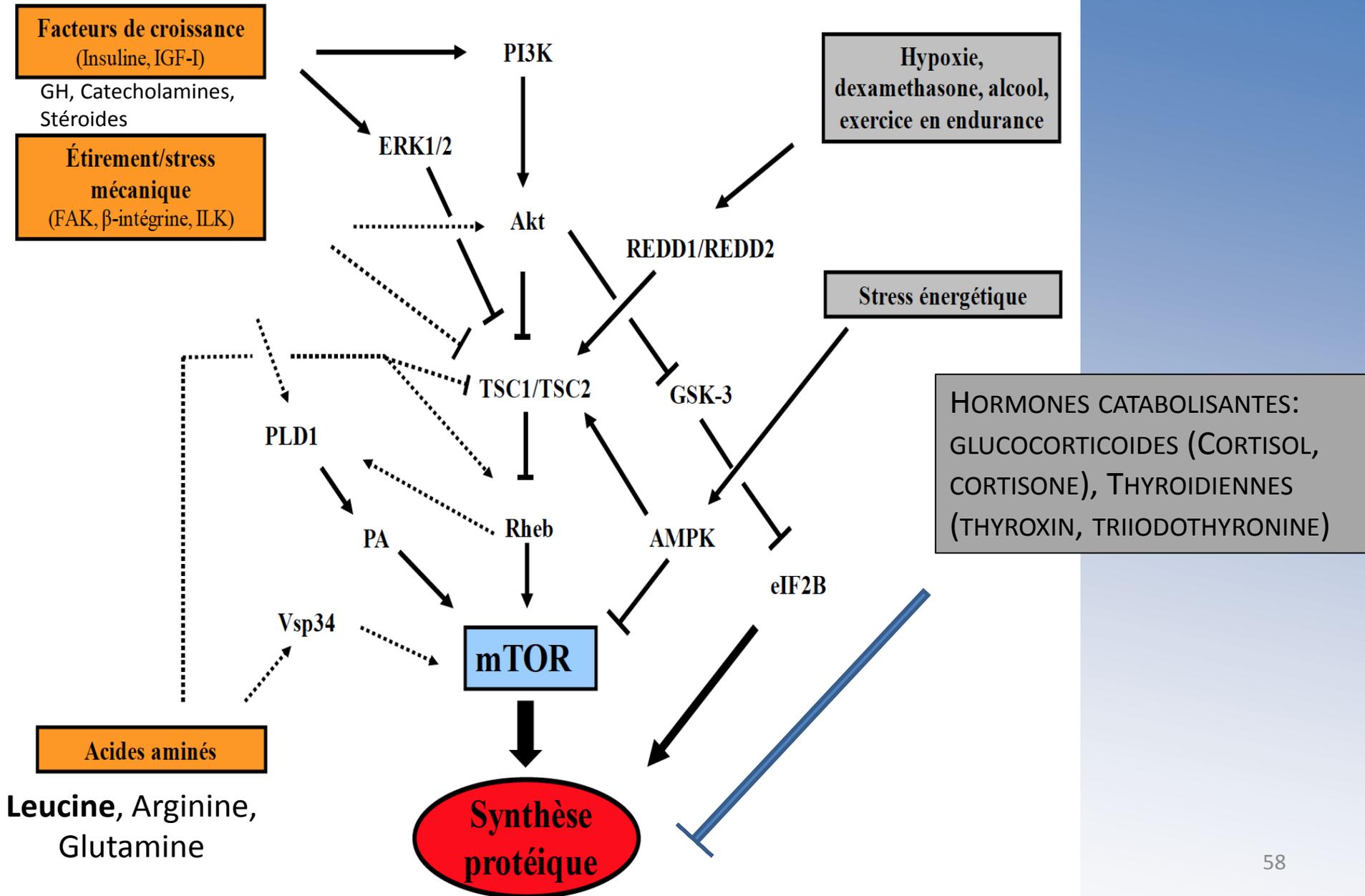
Comme l'exo en résistance, Exo en endurance entraine une augmentation de la synthèse protéique musculaire postexo

TURNOVER PROTEIQUE



Régulateurs positifs de mTOR

Régulateurs négatifs de mTOR



Régulation nutritionnelle

1- les acides aminés : ↑ synthèse protéique → AAE/ BCAA

↓ Protéolyse → L-leucine

2- les substrats énergétiques (glucides, lipides): un apport énergétique suffisant est indispensable au maintien d'un bilan azoté neutre ou positif

✓ turnover protéique : consommateur d'énergie

✓ Oxydation mitochondriale

✓ Activation d'enzymes de dégradation d' AA

✓ Action par l'intermédiaire des hormones :

Glucose → insuline → ↓ protéolyse

Toujours garder en tête le principe des R (in english) post-exercice

- Rehydration : ingestion de fluides + électrolytes
- Refueling: refaire les stocks d'énergie (glycogène musculaire) donc ingérer des glucides
- Repair damaged tissues: remplacer les protéines endommagées (ingérer des protéines et acides aminés)
- **Objectif principal des apports en protéines = Maximiser la synthèse protéique post exo avec un bilan protéique positif**

- **Maximal stimulation of MPS, which results in higher net muscle protein accretion, is the product of the total amount of EAA in circulation as well as the pattern and appearance rate of aminoacidemia that modulates the MPS response [86].**
- **L'importance de l'augmentation de la synthèse protéique est fonction de la vitesse d'apparition des Acides aminés notamment les Acides aminés essentiels branchés en particulier la leucine**

Whey/caséine/soja : effet sur la synthèse protéique post-exercice

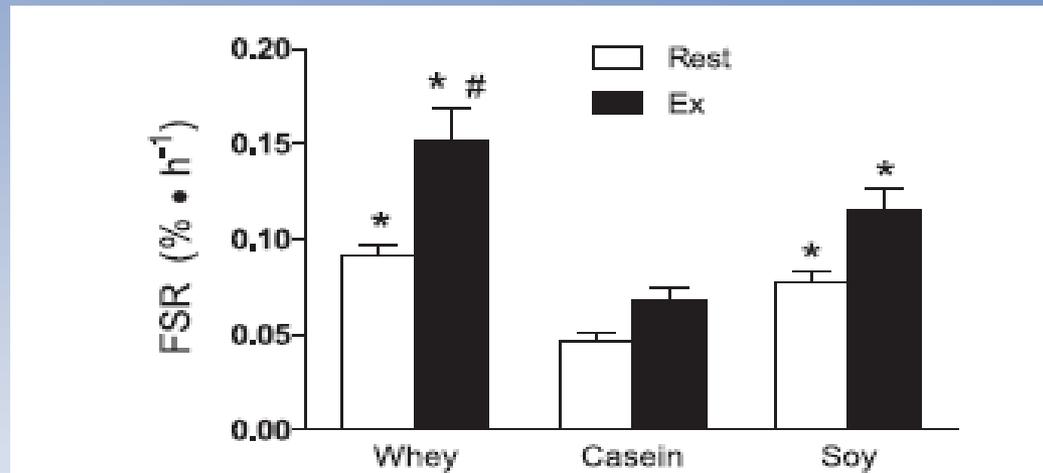
Tang et al., 2009

- Repos vs exercice
- Whey/Caséine/Soja \approx 250ml/20g protéine dont 10g EAA
- Exercice : 4x 10 répétitions exercice presse

(Breen et al. 2011).

* Différent
de la
caséine

Différent
du soja



- Synthèse protéique musculaire : Whey > Soja > Caséine, à l'exercice
 - \uparrow BCAA sanguin surtout leucine + importante et + rapide avec la whey vs soja vs casein
 - \uparrow insuline Whey > Soja > Casein

- **Existence d'un « seuil maximal » d'activation de la synthèse protéique par la Leucine**

environs 3g/repas

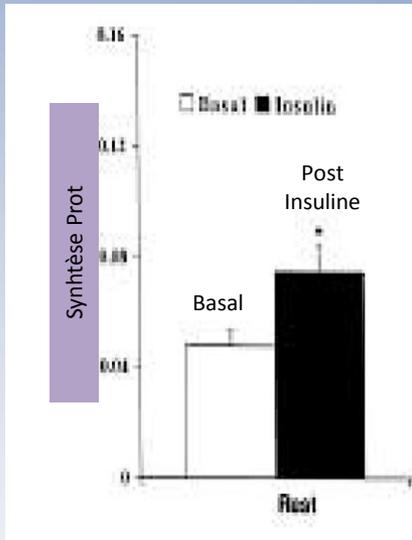
The addition of isoleucine and valine (the other branched-chain AAs) does not improve MPS
(Churchward- Venne et al., 2014)

- Gains in strength, muscle thickness and body composition were similar between the two Whey and Rice protein, suggesting that rice protein may be a suitable alternative to whey protein at promoting resistance training adaptations
- The addition of creatine to whey protein supplementation appears to further augment these adaptations [27, 72, 95]; however, an optimal timing strategy for this combination remains unclear.

- Augmenter la sécrétion d'insuline par l'ingestion de glucides est-il efficace?

➤ Postulat de départ

INSULINE = Produit Dopant



Biolo et al. 1999

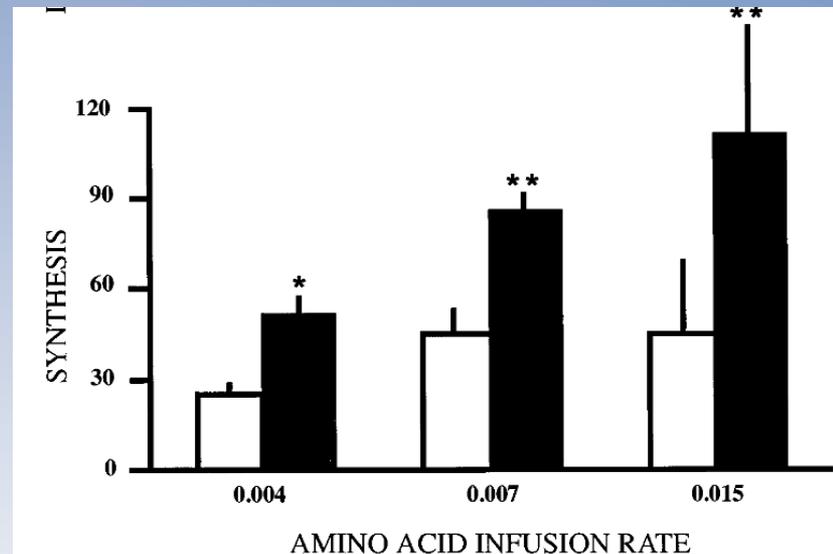


Fig. 2. Protein kinetics. Protein balance, degradation, and synthesis rates are shown (measured in nmol phenylalanine · min⁻¹ · 100 ml⁻¹). Values represent means ± SE for the basal (open bars) and last 30 min of the insulin infusion (filled bars) periods with the 3 different rates of amino acid infusion (in ml · min⁻¹ · kg⁻¹) (**P* < 0.05 and ***P* < 0.01 for basal vs. infusion period).

Hillier et al. 1998

- Au repos: Infusion d'insuline = Augmentation synthèse protéique musculaire
- Au repos: Infusion d'insuline + AAs = Augmentation synthèse protéique > à Insuline seule

Stratégies pour améliorer maximiser la synthèse protéique post exo

- Augmenter la sécrétion d'insuline par l'ingestion de glucides est-il efficace?

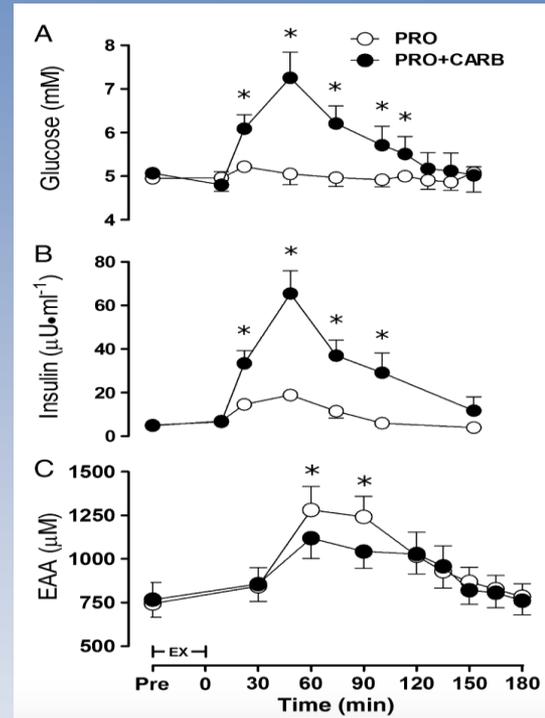
➤ Comment?

- Ingérer des glucides post-exercice

➤ Comment?

- One drink consisted of 25 g of whey protein isolate (PRO)
- One drink consisted of 25 g of whey protein isolate + 50 g of maltodextrine
- Ingestion just after exercise

➤ Résultats?



Staples et al. 2011

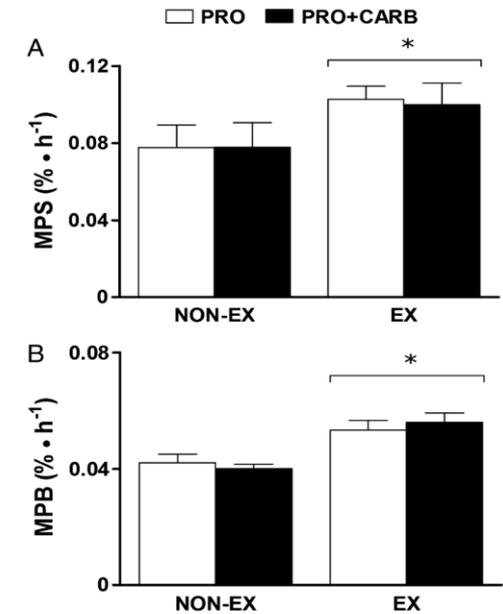


FIGURE 4—Mixed muscle protein fractional synthetic rate (MPS) and breakdown rate (MPB). *Significant main effect of exercised (EX) versus nonexercised (NON-EX; $P < 0.05$). The dashed line on the upper graph indicates a mean resting and fasted rate of MPS obtained from previous studies (6,24,30,31) of $0.041\% \cdot \text{h}^{-1} \pm 0.006\% \cdot \text{h}^{-1}$ to illustrate differences from the rested fasted state. Values are means \pm SEM.

- Ingestion de glucides post exercice en résistance = Augmentation sécrétion Insuline mais pas d'effet supplémentaire sur la synthèse et la dégradation protéique dans le muscle comparé à l'apport de protéines seules

Mais

Important pour refaire les stocks de glycogène et/ou servir de substrat énergétique

- The effect of insulin on MPS is dependent on its ability to increase amino acid availability, which does not occur when insulin is systematically increased (e.g., following feeding) [101].
- insulin's impact on net protein balance seems to operate most powerfully in an anti-catabolic manner on muscle [102]. However, insulin-mediated effects that reduce muscle protein breakdown peaks at low to moderate levels of insulin (~15–30 .IU/mL) [103, 104] that can be achieved by consumption of a 45-g dose of whey protein isolate alone [105].
- **Taken together, these results seem to indicate that post workout carbohydrate supplementation offers very little contribution from a muscle development standpoint provided adequate protein is consumed.**

- Quelle quantité de protéines?
- Donner une quantité suffisante de protéines pour « ne pas faire tourner la machine dans le vide »

Hommes et Femmes < 40 ans, quelque soit le niveau d'entraînement (actifs à très entraînés)

0.25g/kg/repas = dose optimale moyenne de protéines pour augmenter la synthèse protéique musculaire post séance d'exercice en résistance ou au repos

Mais variations individuelles

**Donc pour être sûr d'avoir toujours la dose optimale, ajout de 2 fois l'écart-type:
0,4g/kg/repas = 32g pour 80kg**

4 repas/jour (3 repas classiques + 1 supplémentation) pour un sujet de 80kg = 1,6g/kg/jour

Pour chaque repas: apporter 3g de Leucine

Au delà:

les acides aminés sont transformés en urée et excrétés dans les urines

Inhibitions très importantes de la protéolyse post-exercice pouvant limiter les adaptations à l'entraînement

Dose à affiner:

- En fonction de la « quantité » d'entraînement et de l'âge

Stratégies pour améliorer maximiser la synthèse protéique post exo

- Le timing des prises
- Répartition au cours de la journée toujours en débat
- 1 entraînement = 1 prises de protéines
- A chaque repas
- Et?
- A priori la prise avant chaque séance majorerait la synthèse prot par rapport à après mais ... tolérance, confort de la prise avant, etc ...
- Donc Protéines peuvent être prises dans l'heure suivant l'exercice
- Pour optimiser encore mieux la balance protéique :

Rasmussen et al., 2000

Tipton et al., 2001

Res et al. 2012

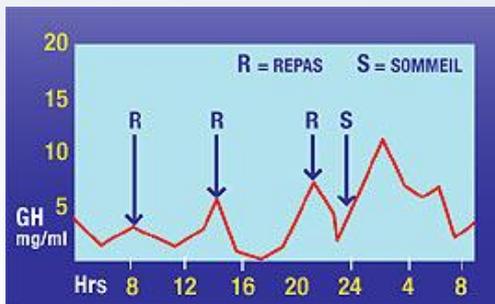
Cermak et al. 2012

Schoenfeld et al., 2013

Mais

Prévoir Whey proteins = Avant le coucher avec un apport de 0,5-0,6g/kg soit un tiers de la dose quotidienne

Résultats en à mettre en lien avec la sécrétion de GH et donc d'IGF-1



The Journal of Nutrition
Nutrient Physiology, Metabolism, and Nutrient-Nutrient Interactions

1.0cSupplemental.html

Protein Ingestion before Sleep Increases Muscle Mass and Strength Gains during Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Healthy Young Men¹⁻³

Tim Snijders,^{4,7} Peter T Res,⁴ Joey SJ Smeets,⁴ Stephan van Vliet,^{4,8} Janneau van Kranenburg,⁴ Kamiel Maase,⁵ Arie K Kies,⁶ Lex B Verdijk,⁴ and Luc JC van Loon^{4*}

- In addition, data supports that exercise performed in the evening augments the overnight MPS response in both younger and older men [119–121].

Si dose suffisante le moment de la prise semble être le facteur le plus important 68

- casein protein consumed pre-sleep maintains overnight lipolysis and fat oxidation.
- A retrospective epidemiological study by Buckner et al. [124] using NHANES data (1999–2002) showed that participants consuming 20, 25, or 30 g of protein in the evening had greater leg lean mass compared to subjects consuming protein in the afternoon.
- **Thus, it appears that protein consumption in the evening before sleep might be an underutilized time to take advantage of a protein feeding opportunity that can potentially improve body composition and performance.**

Exo = acidification = inhibition synthèse protéique



Apport de bicarbonate de potassium KHCO_3
(pas de sodium!!!) pour stabiliser le pH

Excès de Sodium = inhibition synthèse protéique et accélère la perte de masse musculaire lors d'une immobilisation



> Clin Nutr. 2019 Apr;38(2):652-659. doi: 10.1016/j.clnu.2018.04.006. Epub 2018 Apr 12.

Alkalinization with potassium bicarbonate improves glutathione status and protein kinetics in young volunteers during 21-day bed rest

Masse molaire : 100,115 g/mol

Dose utilisée durant une période d'allitement $90 \text{ mmol} \times \text{d}^{-1}$
= 9g/jour (3 gr / repas)

- S'assurer de la composition du produit et sa conformité le dopage :

Rappel :

Conformément à la clause de responsabilité objective du Code mondial antidopage, les sportifs sont responsables de tout ce qu'ils ingèrent.

Article 2.1.1

- **Bobsleigh - Serge Després trouvé coupable de dopage par inadvertance**
 - classé 11e en compagnie de David Bissett aux Jeux de Turin
 - présence de nandrolone
 - analyses du complément : présence de ce stéroïde anabolisant
 - consommation par inadvertance d'un stéroïde interdit
- **15 % des compléments alimentaires contiennent des substances dopantes non mentionnées sur la notice** *Parr MK, Geyer H, Hoffmann B, Kohler K, Mareck U, Schanzer W, High amounts of 17-methylated anabolic-androgenic steroids in effervescent tablets on the dietary supplement market. Biomed Chromatogr. 2006 Dec 4;21(2):164-168*
- **La consommation de certaines substances peut entraîner d'énormes risques pour la santé** *Geyer, H. et. al. - Analysis of non-hormonal nutritional supplements for anabolic-androgenic steroids-results of an international study. Int. J. Sport Med 25 :124-129, 2004*
- **Il est possible d'être contrôlé positif en consommant des compléments alimentaires** *Green, G. A et. Al. - Analysis of over-the-counter dietary supplements. Clinical Journal of Sport Medicine, 11, 254-259, 2001*

Précaution à prendre avant l'utilisation de protéines en pot

➤ S'assurer de la composition du produit et sa conformité le dopage :

- Dans la pratique, **vérifier que pour chaque ingrédient qu'il n'est pas inscrit sur la liste de l'AMA** (<https://www.wada-ama.org/fr/liste-des-interdictions#/>)

Attention, cette liste change tous les ans!!!

- Utiliser des **produits labélisés** de préférence par des labels indépendants avec **garantie antidopage**

Exemple de Label :

Auto Label

Auto Label

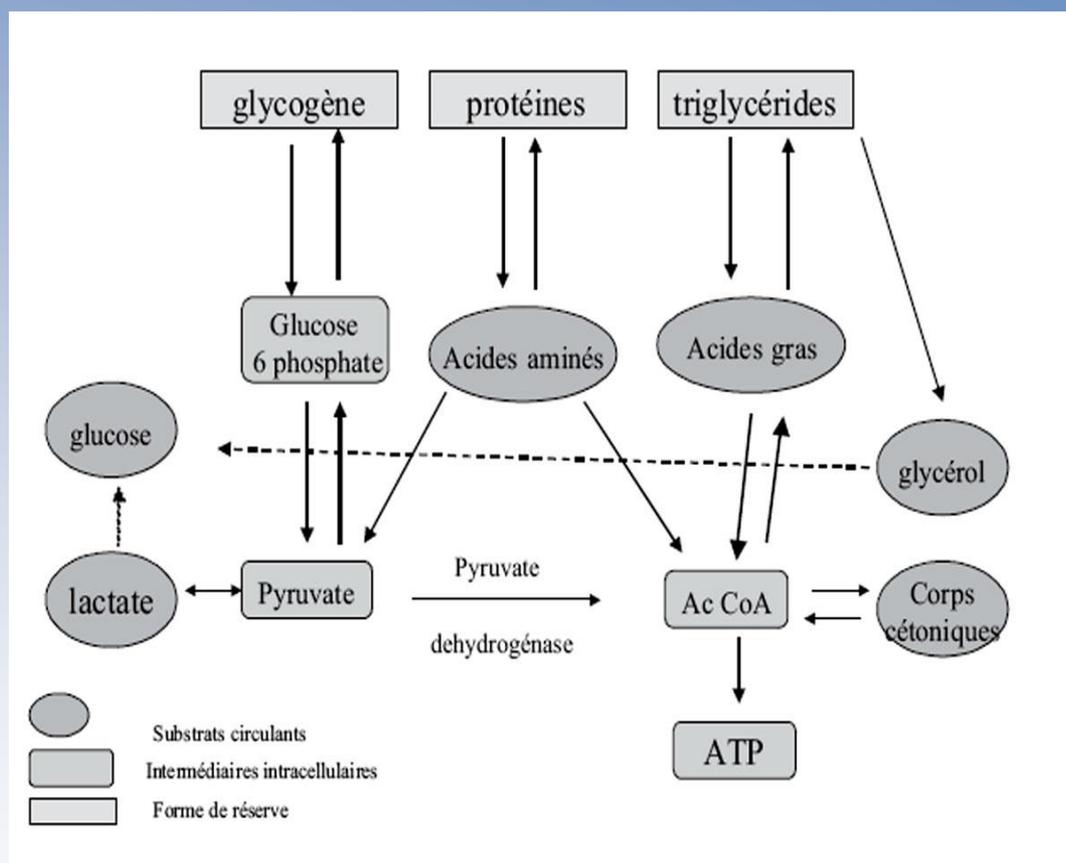
Auto Label

Auto Label

Label indépendant

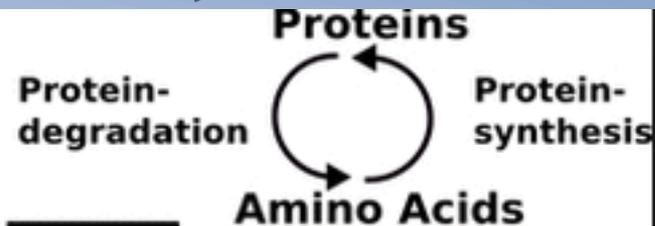
Garantie Antidopage

Utilisation des protéines pour la fourniture d'ATP

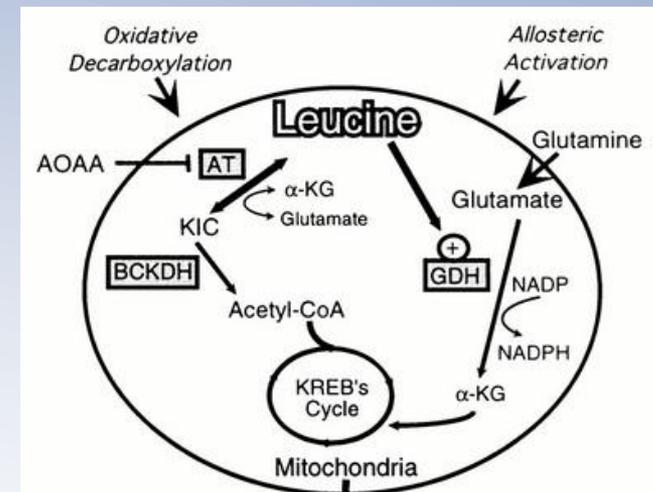
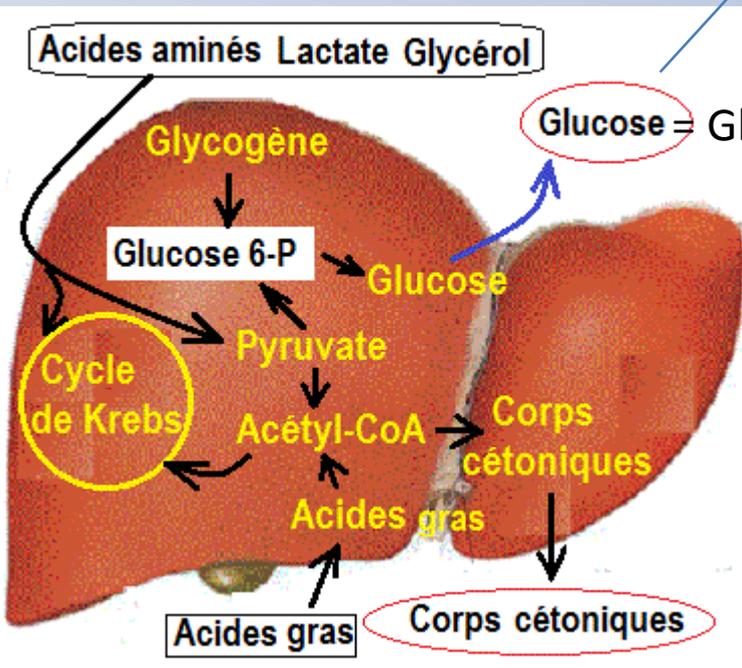


Utilisation des protéines pour la fourniture d'ATP

Sang, muscle, foie



Muscle pour la glycolyse



BCKDH: branched-chain ketoacid dehydrogenase

TABLE 3. Calculated fuel consumption

	Males	Females
Energy expenditure		
kJ	4,551±350*	3,678±472
kJ/kg	63.3±6.1	71.3±7.1
kJ/kg FFM	18.6±1.7	19.1±1.9
Lipid utilization, g	59.7±7.1	59.6±14.2
CHO utilization, g	127.4±29.4*	71.5±19.1
Lipid/CHO, g/g	0.5±0.2†	0.89±0.2
Protein utilization, g	8.33±1.2†	4.40±2.4
Protein contribution, %	3.05±0.7†	2.03±1.2

Values are means ± SD of 6 subjs in each group. CHO, carbohydrate. Protein utilization and contribution of protein to total energy expenditure were calculated from leucine oxidation during exercise bout. * $P < 0.01$; † $P < 0.05$.

- Fonction du contenu en glycogène musculaire et hépatique
- Fonction de la durée de l'exercice
- Fonction de l'intensité
- Fonction du sexe
- Fonction des apports en protéines
- Fonction des apports en Glucides et protéines à l'exo

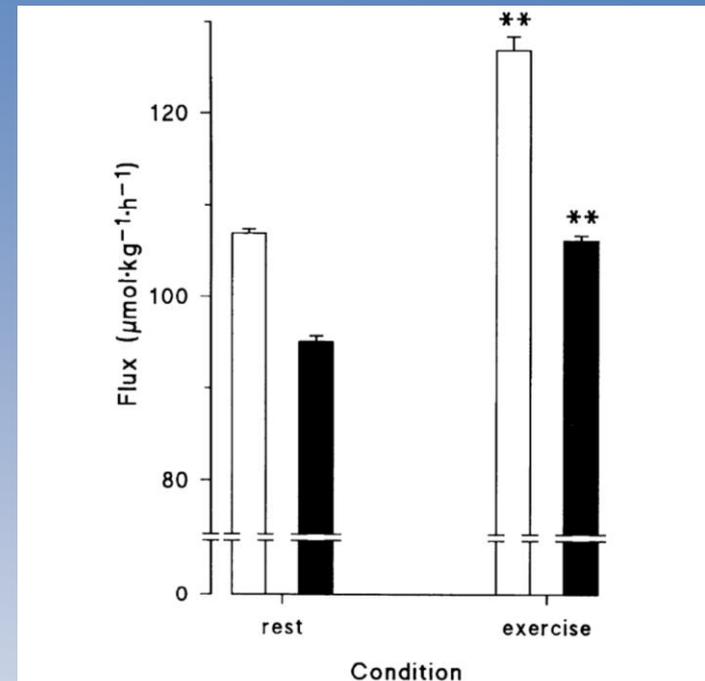


FIG. 5. Leucine flux at rest and during exercise (see Fig. 3 legend for explanation of times). ** Significantly different from rest ($P < 0.01$). Open bars, males ($n = 6$); filled bars, females ($n = 6$). Values are means ± SE.

Ex: exo 2h à 60% VO2 max

- 8mg de prot/kg/h
- 1,2g de leucine en 2h
- 13g de protéines oxydées



Protéine = jusqu'à
10% de la dépense
énergétique

- Possibles Effets bénéfiques de coupler glucides et protéines dans la boisson pré et au cours de l'effort pour quelques étude
- participants ingested either a 7.75% carbohydrate or a 7.75% carbohydrate + 1.94% protein solution. (80g de glucides (glucose-fructose-maltodextrine) + 20 g de proteines (hydrolysat et concentrat))
- When protein was added to carbohydrate, endurance was significantly improved



Peu d'études ont montré une augmentation de la perf

MAIS

- The addition of protein (to carbohydrate) has been shown to increase
 - the speed of glycogen recovery when a short recovery window is available or if sub-optimal amounts of carbohydrate have been delivered
 - can also help to reduce muscle damage and muscle soreness



Intéressant pour exercice A jeun (notamment Leucine, Glutamine)
Intéressant pour ultra endurance et exercices avec beaucoup d'excentrique
(course en descente...)

- Exemple d'étude avec ce type de boisson sur une séance de musculation lourde
- Baty and colleagues [88]
- 34 males complete an acute bout of heavy resistance training (3 sets of 8 reps at 90% 1RM)
- while consuming either a carbohydrate (6.2% carbohydrate) or a carbohydrate + protein (6.2% carbohydrate + 1.5% protein) solution before, during, and after the exercise bout.



- Performance was not affected,
- **BUT** significantly greater levels of insulin and lower levels of cortisol were found when the carbohydrate + protein combination was ingested.
- Markers of muscle damage (e.g., myoglobin and creatine kinase) were reduced throughout the first 24 h of recovery

- Actuellement: pas d'effet synergique entre entraînement en Endurance et Apport en protéines quand balance énergétique à l'équilibre et apport en Glucides adéquats
 - Mais manque de donnée
- Results from research groups [56–58, 66] show that timing of protein near (± 2 h) aerobic appears to provide a greater activation of the molecular signalling pathways that regulate myofibrillar and **mitochondrial protein synthesis as well as glycogen synthesis.**

- Actuellement: Très compliqué de dire pour tous « oui, effet synergique entre entraînement en Résistance et Apport en protéines » sur la perf (force, puissance..) quand balance énergétique à l'équilibre et apport en Glucides adéquats

Mais globalement

- in both men and women protein supplementation exerts a small to modest impact on strength development.
- Pooled results of multiple studies using meta-analytic and other systematic approaches consistently indicate that protein supplementation (15 to 25 g over 4 to 21 weeks) exerts a positive impact on performance.

Dietary Protein

Amount

MPS: 20-25g

Whole body net balance: >20g?

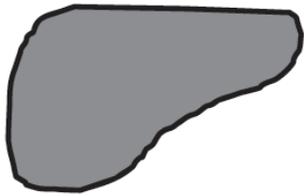
Type

Rapidly digested, leucine-enriched proteins sources (whey)?

Timing

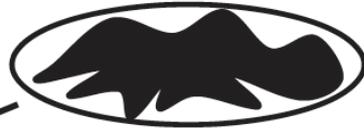
Before: Reduce MPB during exercise?
During: Positive whole body net protein balance?
After: Increased MPS to facilitate muscle remodelling

(Liver)



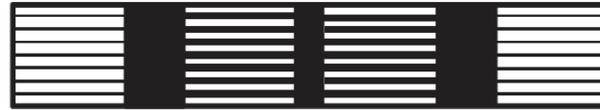
(Muscle)

Mitochondria



Remodelling/
Synthesis (?)

Myofibrils



Remodelling

Net Synthesis

Energy storage



Glycogen
Resynthesis

Amino Acid
Metabolism

Gluconeogenesis
and/or direct
oxidation

Decreased
MPB

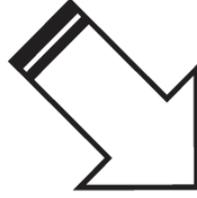
Increased energy
production and
substrate utilization?

Breakdown + Repair
of old/damaged
proteins

Enhanced muscle
power output?

Co-ingestion with
CHO to increase
resynthesis

Increased Recovery and
Endurance Adaptation/
Performance ?



- Entraînement, Balance énergétique et protéines

Période entraînement intense

Ou

Perte de poids volontaire



Si Déficit énergétique ou apport en Glucides inadéquats



Diminution stock glycogène



Non compensé entre chaque séance

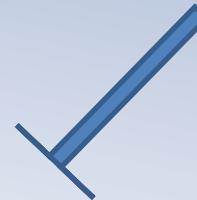


Oxydation Acides aminés endogène pour Néoglucogénèse



Perte de poids
= perte de masse maigre

Augmentation apport en protéines et prise avant effort



- Entraînement en endurance, Balance énergétique et protéines

Increased Lean Mass With Reduced Fat Mass in an Elite Female Cyclist Returning to Competition: Case Study

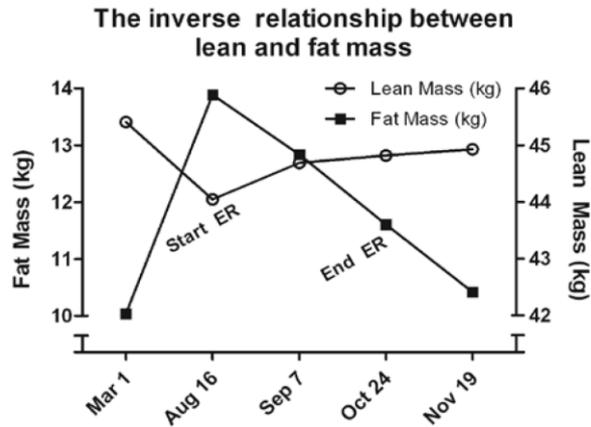


Figure 2 — Changes in lean mass (open circles) and fat mass (closed squares) measured using dual-energy X-ray absorptiometry from the early season (March) and then during a period of modest energy restriction (ER) from August through October, at which time energy balance was restored.

- Dietary manipulation involved a modest reduction in energy availability to $30\text{--}40 \text{ kcal} \cdot \text{kg fat-free mass}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$
 - an increased intake of high-quality protein, particularly after training (20 g).
-
- Through the retraining period, total body mass decreased (-2.82 kg), lean mass increased ($+0.88 \text{ kg}$), and fat mass decreased (-3.47 kg).

Apport de protéines supplémentaire post séance d'entraînement permet de maintenir la masse maigre chez des athlètes en déficit énergétique

- Entraînement, Balance énergétique et protéines
- When combined with a hyperenergetic diet and a heavy resistance-training program, protein supplementation may promote increases in skeletal muscle cross-sectional area and lean body mass.



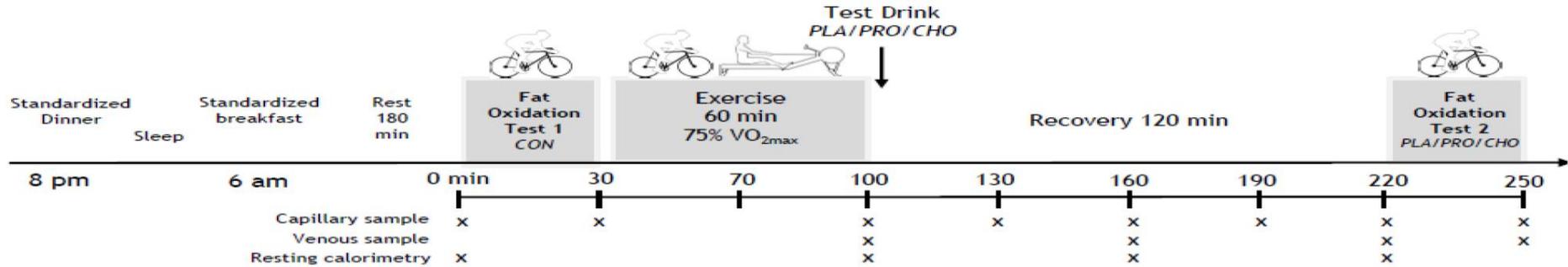
- 2,4 à 3,6g/kg/jr pour développer la masse musculaire
- 1,8 à 3g/kg/jr pour garder la masse musculaire
- 1,2 à 2,5g/kg/jr pour entraînement en endurance
- 1 à 1,4g/kg/jr chez l'adulte non entraîné
- 1,2 à 1,6g/kg/jr chez sujet âgé
- > 2,4g/kg/jr sujet âgé entraîné

A ajuster en fonction
sexe, charge
d'entraînement, âge,
quantité de masse
maigre

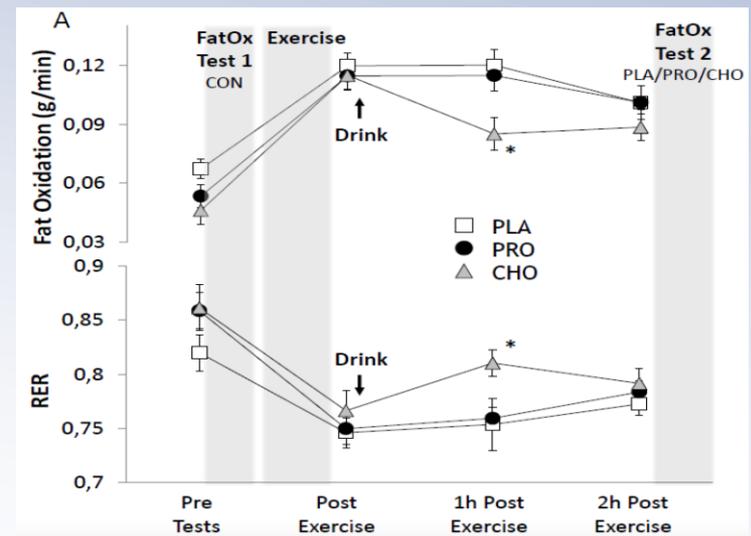
Apport en protéines et Composition corporelle

- Entraînement en Résistance, Balance énergétique et protéines
- When combined with a resistance and/or an endurance -training program and a hypoenergetic diet, an elevated daily intake of protein (3g/kg/day and more) can promote greater losses of fat mass, reduce loss of Fat Free mass and greater overall improvements in body composition.

Metabolism and whole-body fat oxidation following post-exercise carbohydrate or protein intake



flavored water (PLA),
20g whey protein in flavored water (PRO),
40g maltodextrin in flavored water (CHO).



- **Apport énergétique post exo sous forme de protéines favorisent l'oxydation des lipides post exo**

Quelques données sur les whey protéines

- alfa-lactalbumin contains an ample supply of **tryptophan** which increases cognitive performance under stress [172], improves the quality of sleep [172, 173], and may also speed wound healing [172], properties which could be vital for recovery from combat and contact sporting events.
- Moreover, there is some evidence that whey protein can bind iron and therefore increase its absorption and retention [175].

- Entraînement, Protéines et défenses immunitaires
- Whey protein appears to play a role in enhancing lymphatic and immune system responses [106] = surtout en cas d'apports insuffisants en Glucides

- Période d'entraînement intense = augmentation du risque d'infection respiratoires

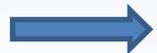


Arrêt de l'entraînement et/ou altérations des effets de l'entraînement



Diminution des lymphocytes-T CD8+ (Gleeson 2007; Witard et al. 2012).

- Si apport en glucides suffisants peu d'impact d'une supplémentation en protéines (3 g/kg/jr)



Mais si apports en glucides insuffisants alors supplémentation en prot efficaces

Quelques données sur les oeufs

- Article intéressant dans SPORT ET VIE N°177 NOV-DEC 2019
- One large egg has 75 kcal and 6 g of protein, but only 1.5 g of saturated fat
- One large egg white has 16 kcal with 3.5 g of protein and is fat-free.
- Valeur biologique aux alentours de 100
- Teneur en leucine environs 0,5g par oeuf
- Eggs are classified as Functional foods are defined as foods that, by the presence of physiologically active components, provide a health benefit beyond basic nutrition [178].
- Important nutrients provided by eggs include riboflavin = Vit B2 (15% RDA), selenium (17% RDA) and vitamin K (31% RDA) [177].
- Eggs are also rich in choline, a nutrient which may have positive effects on cognitive function [180].

Quelques données sur les protéines de viande

COMPOSITION MOYENNE DE LA VIANDE DE BOUCHERIE

CONSTITUANTS	TENEURS (G/100 G)
Eau	70
Protéines	18
Lipides	10
Glucides	traces

COMPOSITION NUTRITIONNELLE DE QUELQUES ANIMAUX DE BASSE-COUR

	KCAL /100 G	PROT. G/100 G	LIP. G/100 G	FER MG/100G
Dinde	110	22	2,5	1
Canard	130	19,5	6	2
Lapin	130	20,5	5,5	1
Oie	280	29	17,5	3,5
Pintade	155	23,5	6,5	0,8
Poulet	125	22	4	1

	Protéines (en g/100g)	Graisses (en g/100g)	Calories
Poulet	21	5	152
Foie gras (oie)	10	44	438
Œuf de poule	12,8	11,5	160
Veau (escalope)	19	1,7	91
Veau (paupiette)	20,5	17,2	237
Rosbif	26	3,4	135
Viande hachée de boeuf (10 %)	24,2	11	200
Pot-au-feu	28	16	256
Porc (échine)	27	15	243
Lard fumé	10	70	670
Agneau (gigot)	23	8,9	172

- Beef and other flesh proteins can serve as important sources of micronutrients such as iron, selenium, vitamins A, B12 and folic acid (= Vit B9).
- A standard serving of 113.4 g lean beef provides 10 g of the EAAs (3.5 g of leucine)
- While evidence is lacking to support an increase in fat oxidation with increased carnitine availability, carnitine has been linked to the sparing of muscle glycogen, and decreases in exercise-induced muscle damage [184].

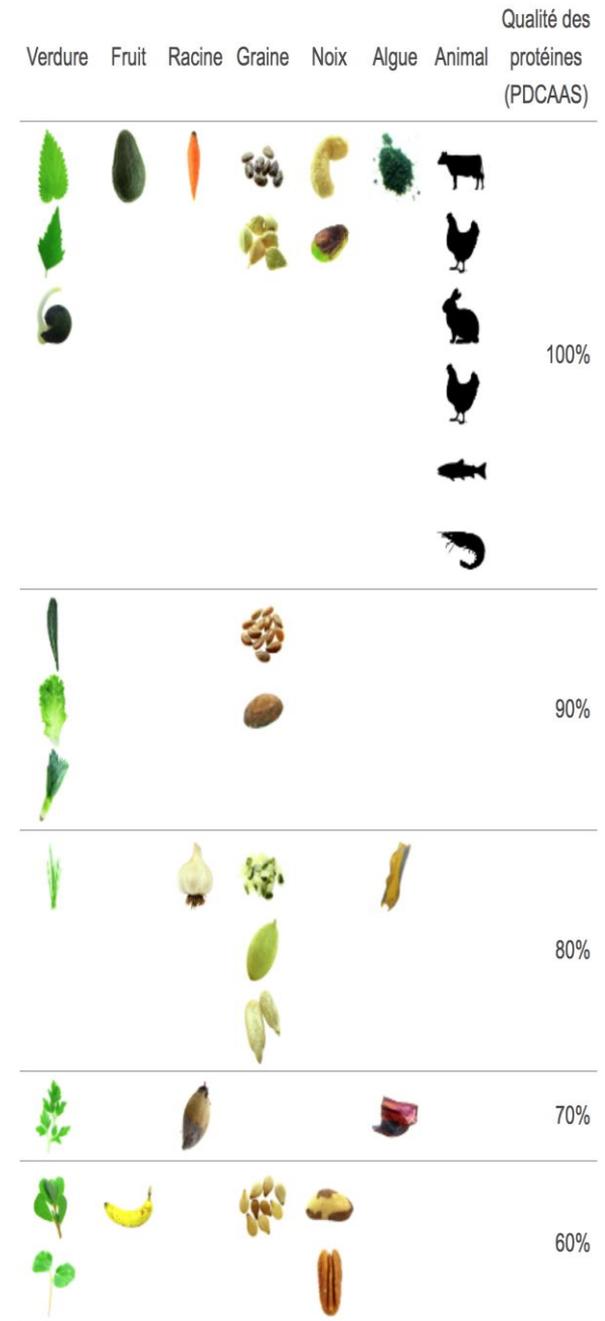
Protéines animales versus Végétales

- One key difference is the fact that vegetarian diets often lack equivalent amounts of protein when compared to omnivorous diets [147].
- However, with proper supplementation and careful nutritional choices, it is possible to have complete proteins in a vegetarian diet.



Mélange légumineuse et Céréales

- Moins d'Acides aminés essentiels, moins de Leucine à doses égales dans les prots végétales
- Vegetarians have lower total body creatine stores than omnivores, which demonstrates that regular meat eating has a significant effect on human creatine status [186].



Mélanger les sources de protéines et faciliter leur digestion

- Evidence continues to mount that combining protein sources may afford additional benefits [194].
- Quelques pistes:
 - Mélanges Whey pour Absorption rapide et stimulation synthèse protéique et Caséines pour absorption lente et maintient d'un pool d'Acides aminés dans le sang
 - Mélanges Whey, hydrolysats de whey et BCAA
- Research indicates that amino acids are absorbed more rapidly when they are consumed as di and/or tri peptides compared to free form amino acids complete proteins [205].



Plus vous hydrolyser plus le cout augmente

- protein hydrolysates produced greater responses than their non-hydrolyzed counterpart in plasma for each of the variables (Hydrolyzed whey > Non-hydrolyzed whey > hydrolyzed soy > Nonhydrolyzed soy).



A confirmer

- Proteases can hydrolyze proteins into various peptide configurations and potentially single amino acids. It appears that digestive enzyme capabilities and production decrease with age [213], thus increasing the difficulty with which the body can break down and digest large meals.



Protéases potentiellement intéressantes chez sujets âgés

- Entraînement, Protéines et défenses immunitaires
- Période d'entraînement intense = augmentation du risque d'infection respiratoires
 -  Arrêt de l'entraînement et/ou altérations des effets de l'entraînement
 -  Diminution des lymphocytes-T CD8+ (Gleeson 2007; Witard et al. 2012).
- Si apport en glucides suffisants peu d'impact d'une supplémentation en protéines (3 g/kg/jr)
 -  Mais si apports en glucides insuffisants alors supplémentation en prot efficaces

BCAA ET FATIGUE CENTRALE

Epreuve d'endurance

II- Administration de BCAA, fatigue mentale et performance

Exercice/conditions	BCAA	Résultats	Auteurs
Ergocycle 60min 70%+20min max Déplétion glycogénique	6-8g = 90mg/kg Boisson pendant	↓ Perception effort et fatigue (<i>Echelle Borg</i>)	<i>Blomstrand 1997</i>
Ergocycle 40% jusqu'à épuisement/ 34°C	16g (avant et pendant)	↑ performance (137 à 153min) ↓ F-TRY et F-TRY/BCAA	<i>Mittleman 1998</i>
Ergocycle 50%+30min à 40°C	15g BCAA + glucose vs glucose	Pas ≠ tests cognitifs (<i>réaction, vigilance, raisonnement...</i>)	<i>Cheuvront 2004</i>
30min exo épuisant/déplétion glycogénique	20g avant (90min)	Pas d'effet sur performance	<i>Wagematers 1992</i>
Test triangulaire jusqu'à épuisement (40min)	20g avant (90min)	Pas d'effet sur performance	<i>Varnier 1994</i>
Marathon		↑ performance « slower »	<i>Blomstrand 1991</i>
30km course à pied	BCAA + glucose vs glucose	↑ performance cognitive	<i>Hassmen 1994</i>
Offshore sailing race	Alimentation enrichie	↓ fatigue, perte mémoire... Pas ≠ perf physiques (<i>vertical jump, handgrip</i>)	<i>Portier 2008</i>

- Results from other research groups [56–58, 66] show that timing of protein near (± 2 h) aerobic and anaerobic exercise training appears to provide a greater activation of the molecular signalling pathways that regulate myofibrillar and mitochondrial protein synthesis as well as glycogen synthesis.
- the daily amount of protein intake seems to operate as a key consideration because the benefits of protein timing in relation to the peri-workout period seem to be lessened for people who are already ingesting appropriate amounts of protein (e.g. ≥ 1.6 g/kg/day).

Source de Protéines

- Viande versus végétaux
- Mélanges de source
- Protéines du lait
- Protéines + lactate
-