



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



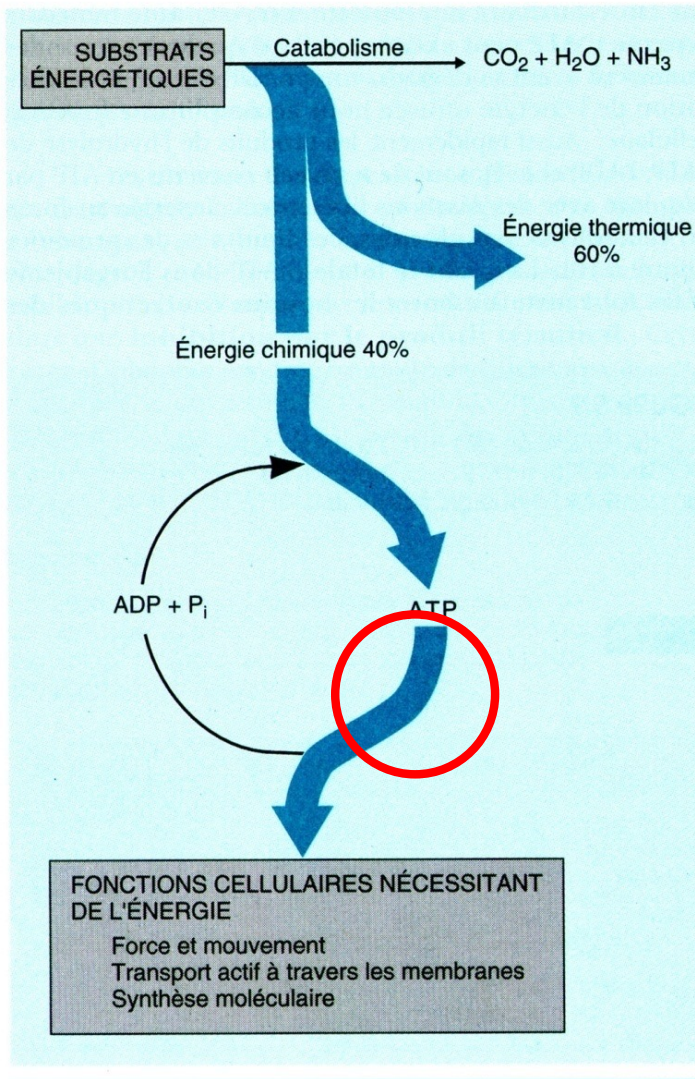
International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise

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.

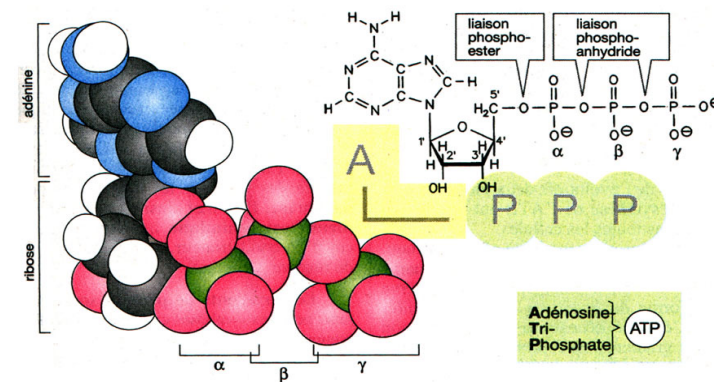


Réserves myofibrillaires en ATP



« faibles »

Structure de l'ATP



- 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)

Glucides
4 kcal/g



Lipides
9 kcal/g



Protéines
4kcal/g



60% du poids corporel

Éthanol = 7kcal/g

Micro Nutriments (non énergétiques)

Les minéraux

Macro-
éléments

Micro-
éléments

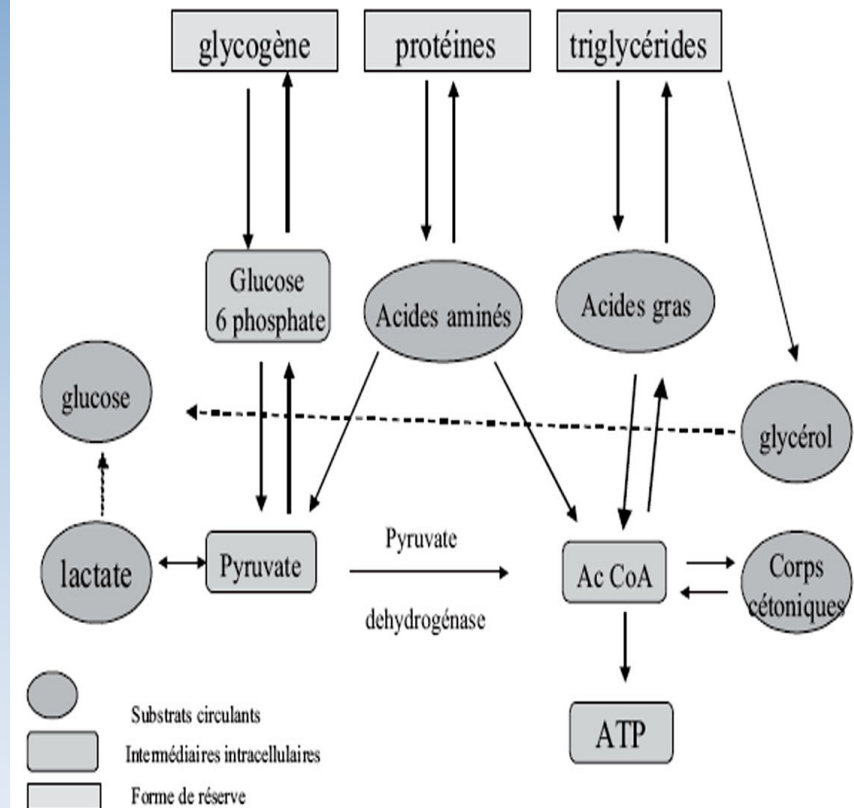
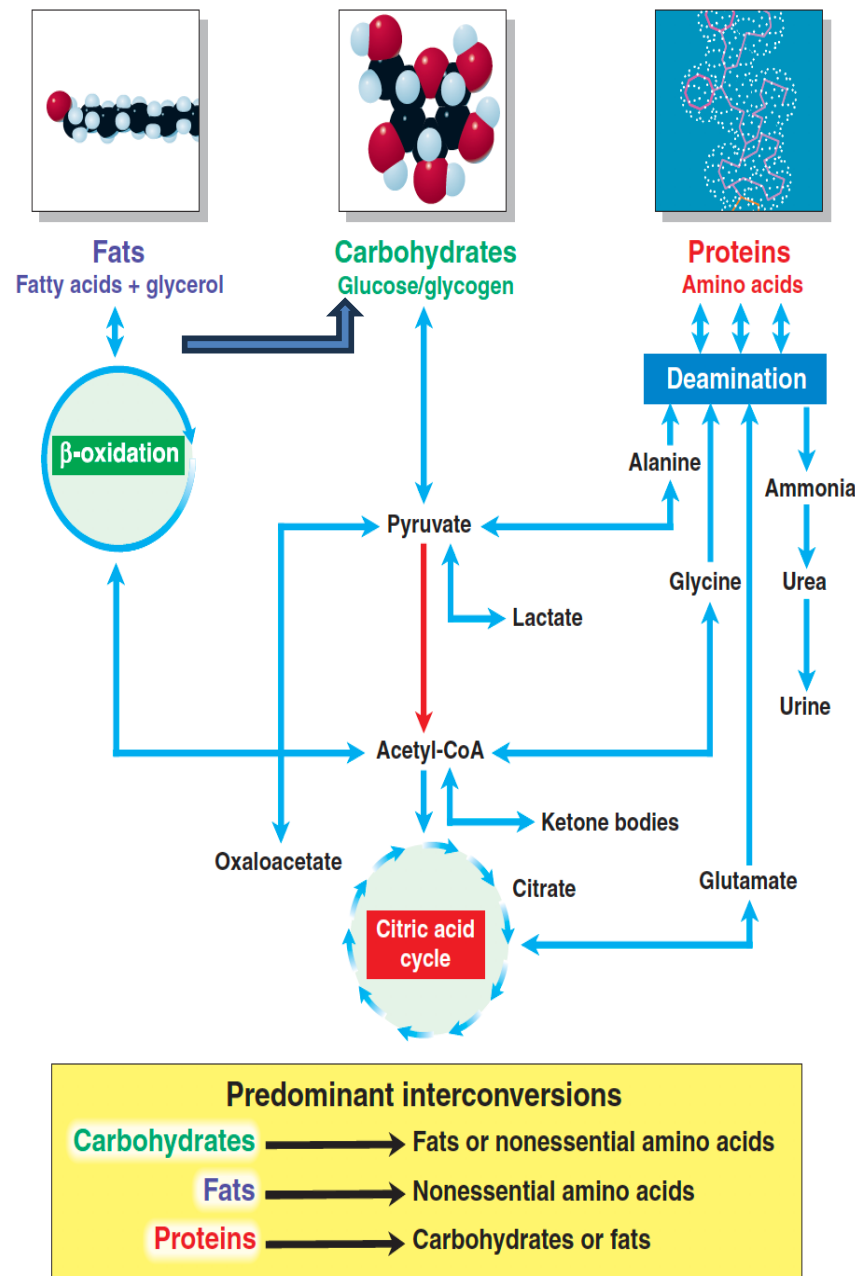
Oligo-
éléments

Les vitamines

Vitamines
hydrosolubles

Vitamines
liposolubles

A garder en tête: l'interconversion des substrats



**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

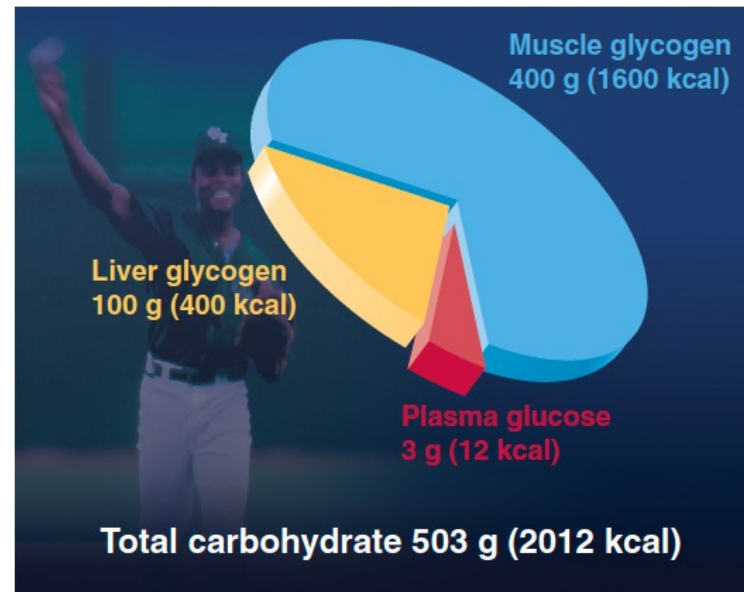


FIGURE 1.6. Distribution of carbohydrate energy for an average 80-kg man.

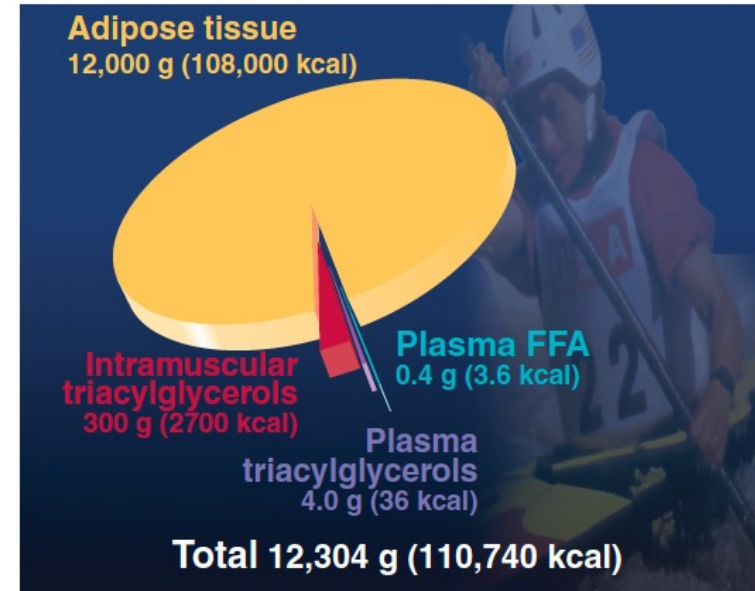
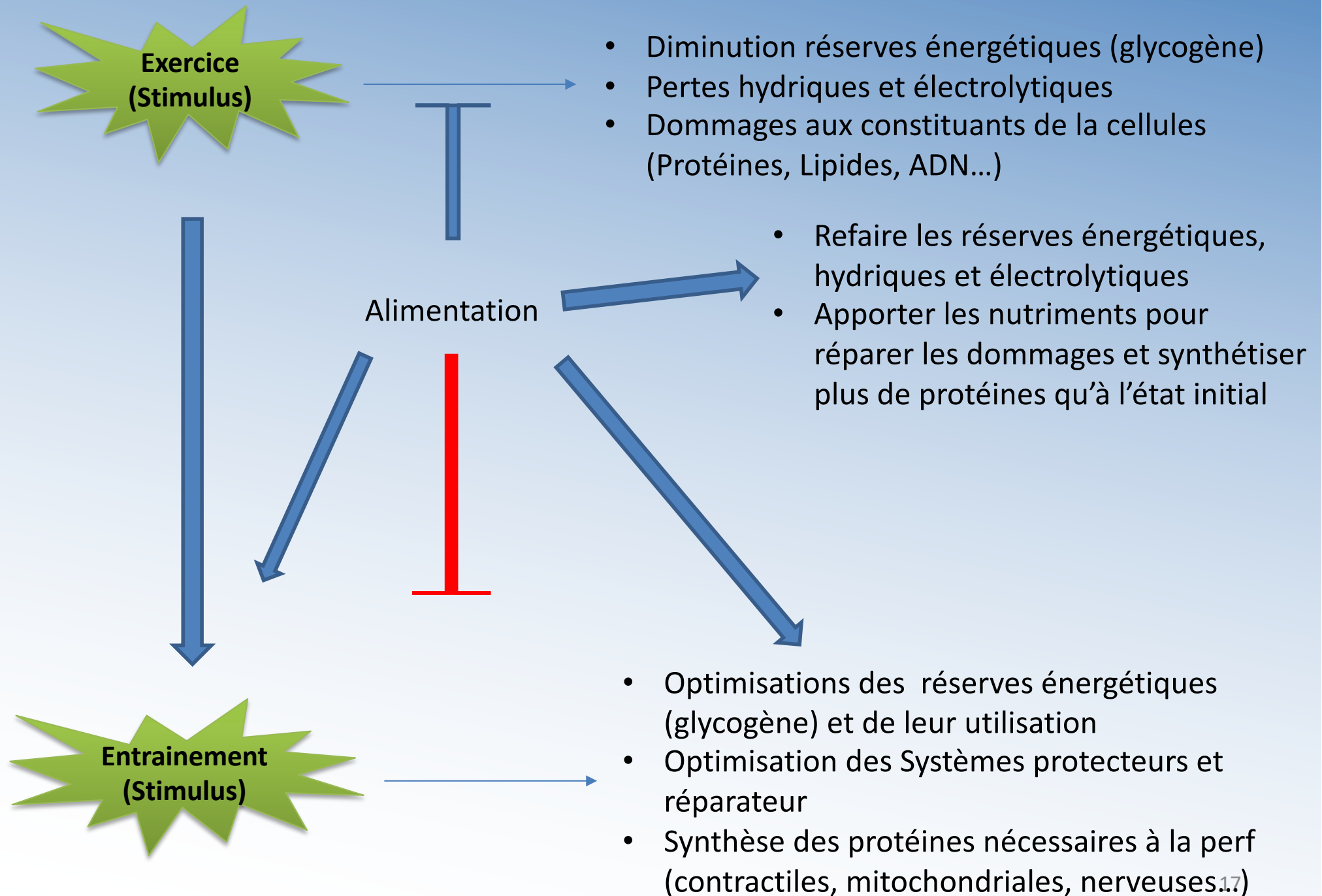


FIGURE 1.15. Distribution of fat energy in an average 80-kg man.

Objectif: avoir les bonnes réserves en glycogène hépatique et musculaire au bon moment

- Le glycogène musculaire constitue principalement une réserve énergétique locale.
- Le glycogène hépatique constitue principalement une réserve destinée à assurer l'homéostasie glucidique systémique.

Qu'est-ce qui guide notre alimentation?



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, ect...

Alimentation et/ou supplémentation



Close et al. 2016



Certaines stratégies peuvent être délétères si mauvais objectif visé

Alimentation

Nutriments

Apports hydriques

Macro Nutriments (énergétiques)

Glucides
4 kcal/g



Lipides
9 kcal/g



Protéines
4kcal/g



60% du poids corporel

Éthanol = 7kcal/g

Micro Nutriments (non énergétiques)

Les minéraux

Macro-
éléments

Micro-
éléments

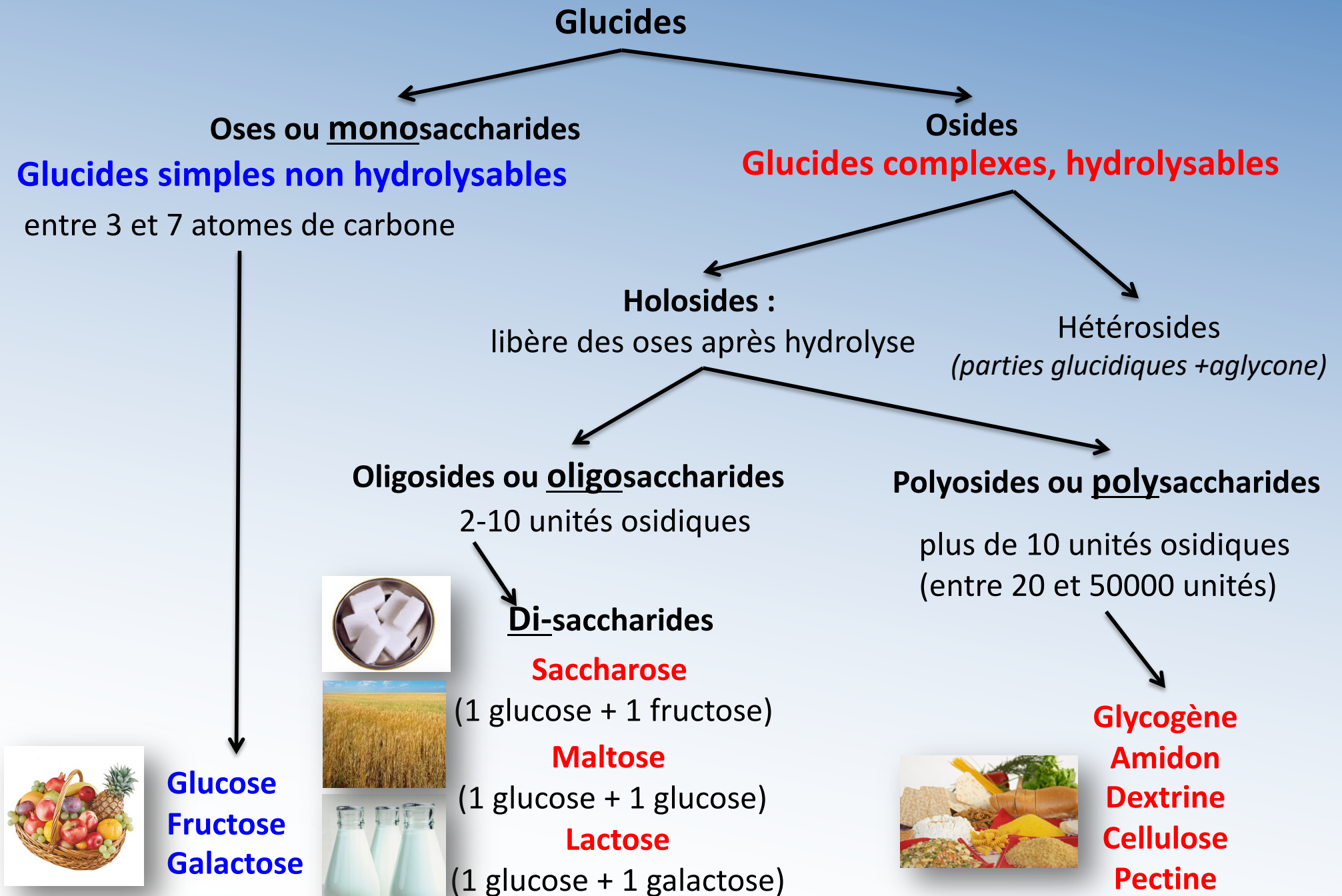
Oligo-
éléments

Les vitamines

Vitamines
hydrosolubles

Vitamines
liposolubles

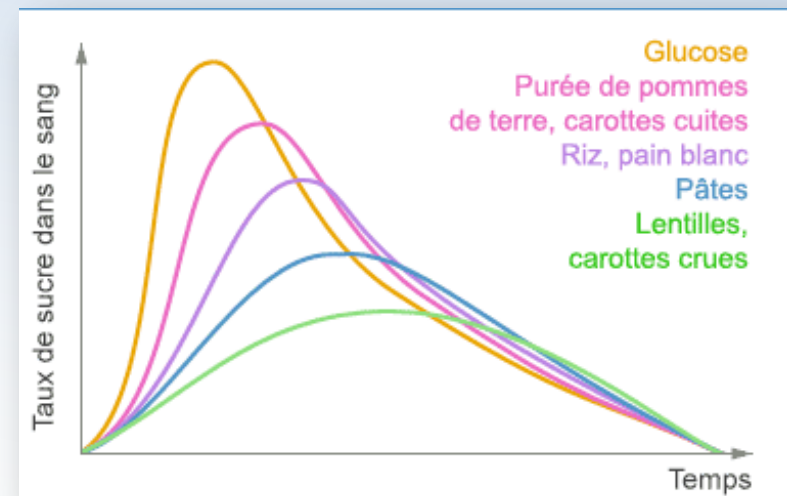
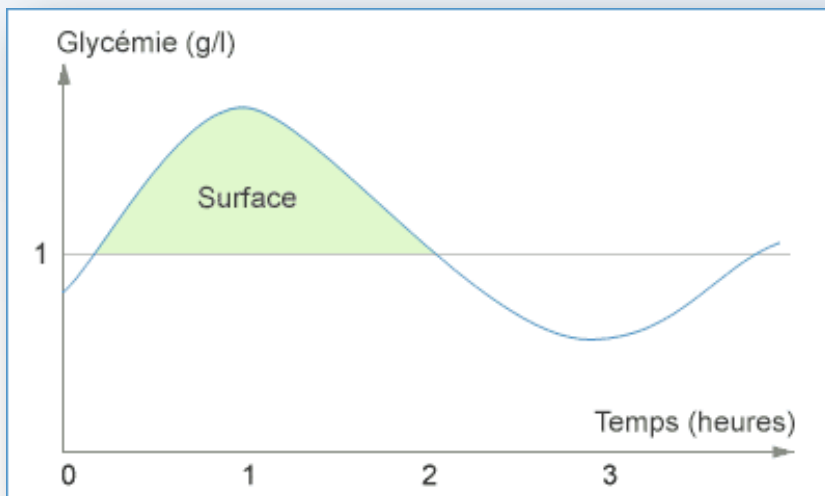
Nutrition glucidique et exercice musculaire



La notion d'index glycémique (IG)

L'index glycémique (IG)?

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



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

Maltose (bière)	110
Glucose, sirop de blé	100
Fécule de pomme de terre	95
Amidon de maïs, maltodextrine	95
Pommes de terre au four	95
Pommes de terre frites	95
Purée de pomme de terre	90
Chips	90
Miel	85
Pain blanc (hamburger)	85
Carottes cuites	85
Corn flakes, pop-corn	85
Riz à cuisson rapide	85
Gâteau de riz	85
Riz soufflé	85
Fèves cuites	80
Potiron	75
Pastèques	75
Sucre (saccharose)	70
Pain blanc (baguette)	70
Céréales raffinées sucrées	70
Barres chocolatées	70
Pommes de terre bouillies pelées ...	70
Colas, sodas	70
Biscuits	70
Riz blanc, lait de riz	70
Maïs moderne	70
Nouilles, raviolis	70
Raisin sec	65
Pain bis	65
Pommes de terre cuites avec la peau	65
Betteraves	65
Confitures sucrées	65
Semoule raffinée	60
Riz long	60
Semoule raffinée	60
Bananes mûres, melons	60
Spaghettis blancs, bien cuits	55
Biscuits sablés	55

Glucides à index glycémique bas

Riz complet (brun)	50
Riz basmati long	50
Patates douces	50
Pâtes complètes (blé entier)	50
Spaghettis <i>al dente</i>	40
Petits pois frais	40
Céréales complètes sans sucre	40
Sarrasin (farine de blé noir intégral)	40
Flocons d'avoine	40
Haricots rouges	40
Jus de fruits frais sans sucre	40
Pain noir	40
Pain de seigle complet	40
Pain 100 % intégral	40
Bananes vertes	40
Figues sèches	40
Pâtes intégrales <i>al dente</i>	40
Figues, abricots secs	35
Maïs indien	35
Riz sauvage	35
Quinoa	35
Carottes crues	30
Laitage	30
Haricots secs, blancs	30
Lentilles brunes, jaunes	30
Pois chiches	30
Haricots verts	30
Vermicelles de soja	30
Marmelade sans sucre	22
Lentilles vertes	22
Flageolets	22
Pois cassés	22
Chocolat noir (+ de 70 % de cacao)	22
Amandes, noisettes, noix	22
Fructose, sirop d'agave	20
Avocat	20
Soja, cacahuètes	15
Abricots frais	15
Légumes verts, tomates, oignons, salades...	< 15

Échelle de l'indice glycémique (IG)

Catégorie	Indice glycémique (IG)	Exemples d'aliments	Effets physiologiques principaux
Bas	≤ 55	Lentilles, pois chiches, haricots rouges, pommes, yaourt nature, pâtes al dente, riz basmati, flocons d'avoine, chocolat noir (>70%)	Libération lente du glucose, meilleure satiété, réponse insulínique modérée
Moyen	56 – 69	Riz brun, pain complet, banane mûre, couscous, betterave, raisins secs	Réponse glycémique modérée, adaptée à l'effort prolongé
Élevé	≥ 70	Pain blanc, pomme de terre cuite, riz blanc, miel, boissons sucrées, céréales du petit déjeuner raffinées	Pic glycémique et insulínique rapide, utile juste avant ou après un effort intense

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.

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

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

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

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

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

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

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

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.

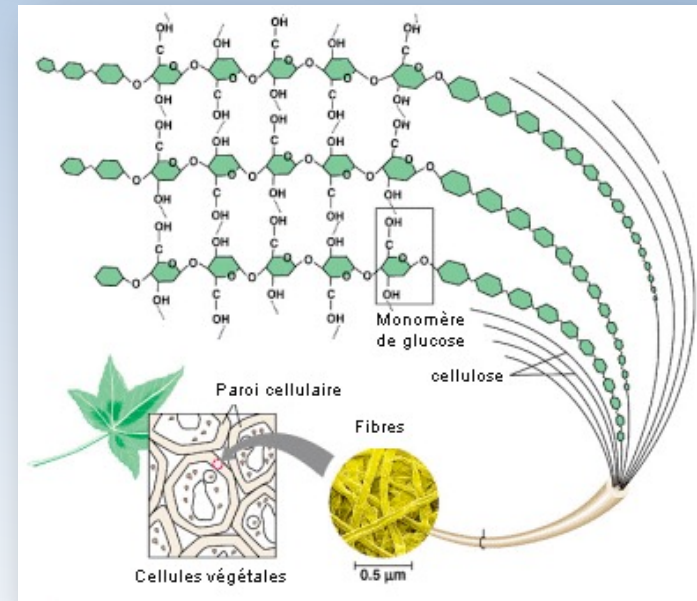
Aliments	Quantité de Glucides (pour 100 g)	IG	CG
Bière	5	110	6
Pommes de terre cuites au four	25	95	24
Frites	33	95	31
Pain blanc	55	85	46
Pastèque	7	75	5
Pommes de terre bouillies sans leur peau	20	70	14
Soda	11	70	8
Confiture	30	65	19
Couscous, semoule	25	65	16
Riz basmati	23	50	12
Riz complet	23	50	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

Les fibres

- Glucides non digestibles (et composés associés) présents dans les végétaux, résistant à la digestion et à l'absorption dans l'intestin grêle, mais partiellement fermentés dans le côlon.
- Elles ne fournissent pas d'énergie directe, mais ont des rôles métaboliques majeurs.
- Classification
 - Fibres solubles : pectines, gommages, inuline → formation de gel, contrôle glycémie et cholestérol.
 - Fibres insolubles : cellulose, hémicellulose, lignine → augmentent le volume des selles, accélèrent le transit intestinal.

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).



Les fibres

- Intérêts physiologiques et nutritionnels
 - Favorisent le transit intestinal et préviennent la constipation.
 - Fermentation colique → production d'Acide gras à chaînes courtes (butyrate, propionate, acétate).
 - Régulent la glycémie et réduisent le cholestérol sanguin.
 - Agissent comme prébiotiques, soutenant le microbiote intestinal.
 - Augmentent la satiété → régulation de l'apport énergétique.
- Intérêt pour le sportif
 - Améliorent la santé intestinale et immunitaire.
 - Optimisent l'absorption des nutriments.
 - Réduisent les troubles digestifs à l'effort.
 - Soutiennent la récupération via un microbiote équilibré.
- Recommandations
 - 25 à 35 g/jour chez l'adulte.
 - Combiner fibres solubles et insolubles (≈ 50/50).
 - Favoriser : fruits, légumes, légumineuses, céréales complètes, oléagineux.

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 $\dot{V}O_{2\max}$ en moyenne sans apport énergétique = Exercice type épuisant les réserves en glycogène

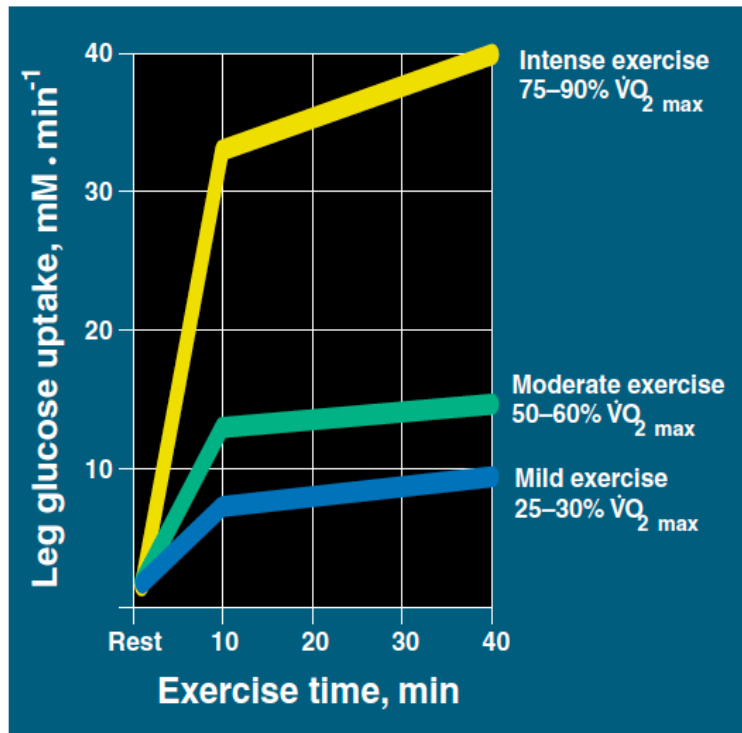


FIGURE 5.3. Exercise duration and intensity affect blood glucose uptake by the leg muscles. Exercise intensity is expressed as a percentage of an individual's $\dot{V}O_{2\max}$. (From Felig P, Wahren J. Fuel homeostasis in exercise. *N Engl J Med* 1975;293:1078.)

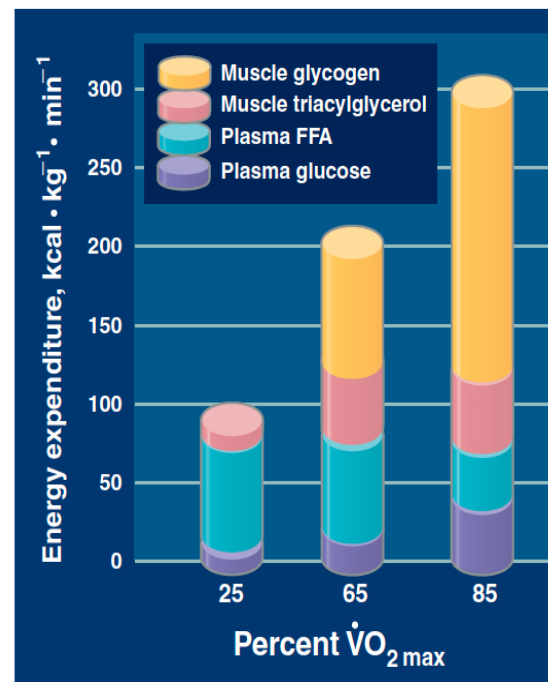
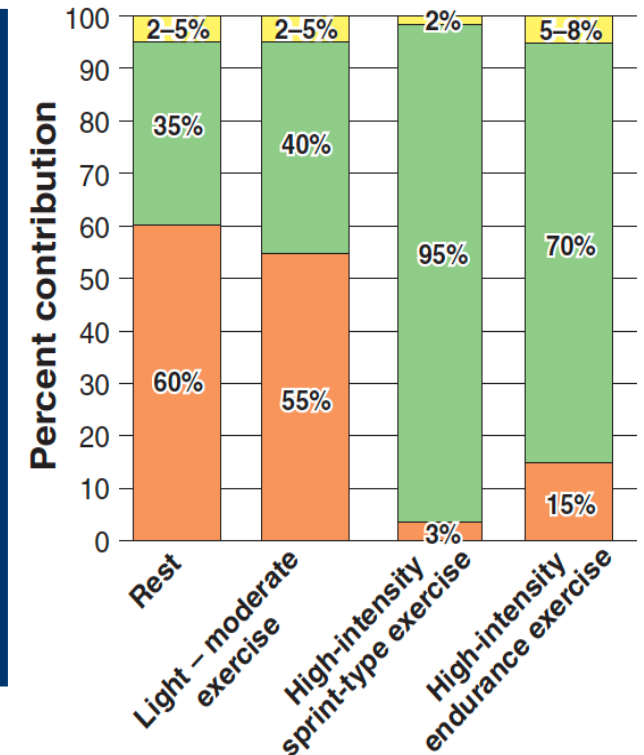


FIGURE 5.9. Steady-state substrate use calculated using three isotopes and indirect calorimetry in trained men performing cycle ergometer exercise at 25, 65, and 85% of $\dot{V}O_{2\max}$. As exercise intensity increases, absolute use of glucose and muscle glycogen increases, whereas muscle triacylglycerol 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.)



Protein Glucose + glycogen Fats

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

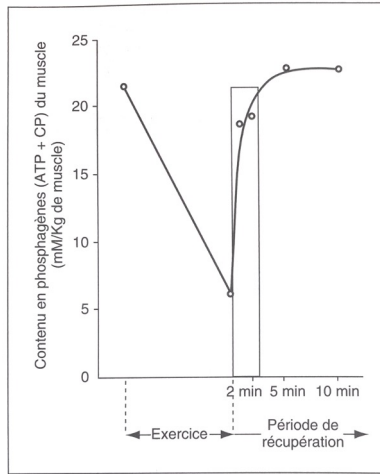


Figure 3.16

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).

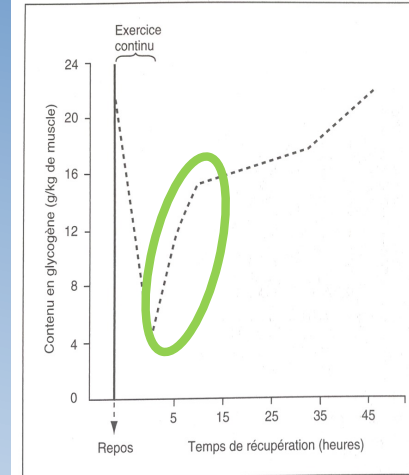
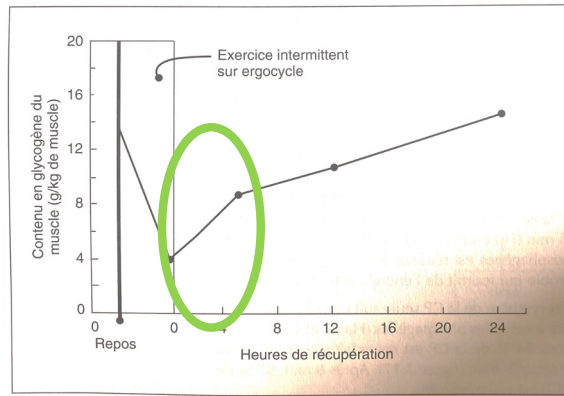


Figure 3.19

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

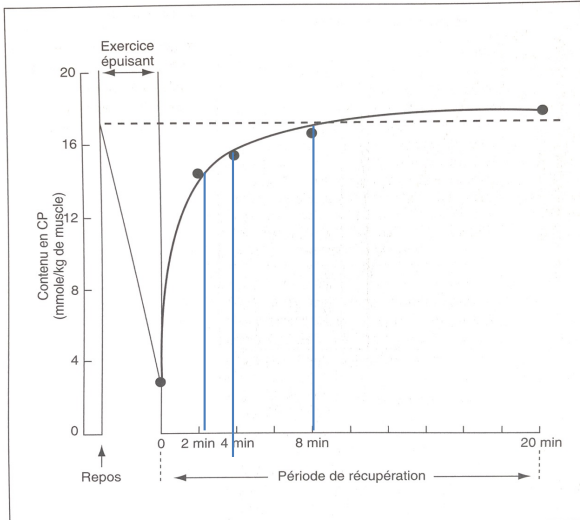


Figure 3.17

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

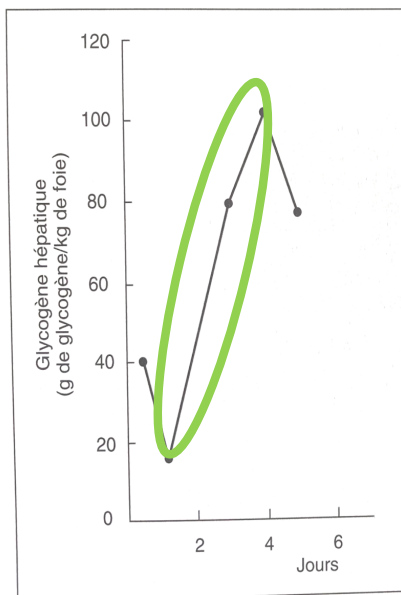


Figure 3.20

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).

Glucides, performance et entraînement

- 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.

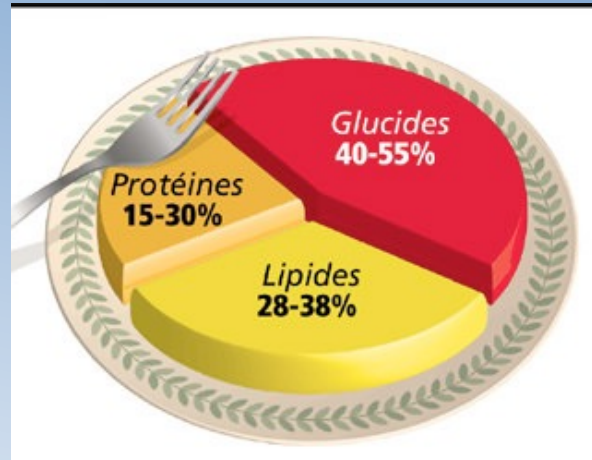
Situation	Carbohydrate targets	Comments on type and timing of carbohydrate intake
DAILY NEEDS FOR FUEL AND RECOVERY: <i>these general recommendations should be fine-tuned with individual consideration of total energy needs, specific training needs, and feedback from training performance</i>		
Light	● Low-intensity or skill-based activities	● Timing of intake may be chosen to promote speedy refuelling, or to provide fuel intake around training sessions in the day.
Moderate	● Moderate exercise programme (i.e. $\sim 1 \text{ h} \cdot \text{day}^{-1}$)	● Otherwise, as long as total fuel needs are provided, the pattern of intake may simply be guided by convenience and individual choice
High	● Endurance programme (e.g. moderate-to-high intensity exercise of $1\text{--}3 \text{ h} \cdot \text{day}^{-1}$)	● Protein- and nutrient-rich carbohydrate foods or meal combinations will allow the athlete to meet other acute or chronic sports nutrition goals
Very high	● Extreme commitment (i.e. moderate-to-high intensity exercise of $>4\text{--}5 \text{ h} \cdot \text{day}^{-1}$)	

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	• Low-intensity or skill-based activities 3–5 g · kg ⁻¹ of athlete's body mass per day	• 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	• Moderate exercise programme (i.e. ~1 h · day ⁻¹) 5–7 g · kg ⁻¹ · day ⁻¹	
High	• Endurance programme (e.g. moderate-to-high intensity exercise of 1–3 h · day ⁻¹) 6–10 g · kg ⁻¹ · day ⁻¹	
Very high	• 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)

Recommandation Macro-nutritments



- 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

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

General fuelling up	● Preparation for events <90 min exercise	7–12 g · kg ⁻¹ per 24 h as for daily fuel needs	● 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	● Preparation for events >90 min of sustained/ intermittent exercise	36–48 h of 10–12 g · kg ⁻¹ body mass per 24 h	

- 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)
- Ne pas oublier de prendre en compte l'intensité en compte (si exo 1h30 mais avec peu de probabilité de vider les stocks de glycogène alors les apports pendant l'exo seront suffisants)

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	Preparation for events < 90 min exercise	7–12 g · kg ⁻¹ per 24 h as for daily fuel needs	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	Preparation for events > 90 min of sustained/intermittent exercise	36–48 h of 10–12 g · kg ⁻¹ body mass per 24 h	
Speedy refuelling	< 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	- There may be benefits in consuming small regular snacks - Compact carbohydrate-rich foods and drinks may help to ensure that fuel targets are met
Pre-event fuelling	Before exercise > 60 min	1–4 g · kg ⁻¹ consumed 1–4 h before exercise	- 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

Dernier repas (cela ne veut pas dire dernier aliment ingéré avant le début de l'épreuve)

- 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

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	• Preparation for events <90 min exercise	7–12 g · kg ⁻¹ per 24 h as for daily fuel needs	• 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	• Preparation for events >90 min of sustained/intermittent exercise	36–48 h of 10–12 g · kg ⁻¹ body mass per 24 h	
Speedy refuelling	• <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	• There may be benefits in consuming small regular snacks • Compact carbohydrate-rich foods and drinks may help to ensure that fuel targets are met
Pre-event fuelling	• Before exercise >60 min	1–4 g · kg ⁻¹ consumed 1–4 h before exercise	• 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

- 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]

- 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	
During sustained high-intensity exercise	• 45–75 min	Small amounts including mouth rinse	• A range of drinks and sports products can provide easily consumed carbohydrate
During endurance exercise including “stop and start” sports	• 1.0–2.5 h	30–60 g · h ⁻¹	• 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 ultra-endurance exercise	• >2.5–3.0 h	Up to 90 g · h ⁻¹	• 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)

Pendant l'exo

During brief exercise	• <45 min	Not needed	
During sustained high-intensity exercise	• 45–75 min	Small amounts including mouth rinse	• A range of drinks and sports products can provide easily consumed carbohydrate
During endurance exercise including “stop and start” sports	• 1.0–2.5 h	30–60 g · h ⁻¹	• 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 ultra-endurance exercise	• >2.5–3.0 h	Up to 90 g · h ⁻¹	• 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 60 min à 2,5h, apports de 30-60g/h sous forme liquide ou soft (compote, gel, pâte de fruit)
- Si exo >2,5h, apports jusqu'à 90g/h (et même jusqu'à 120g/h si supporté et que la durée et l'intensité et la nécessité de récupérer rapidement sont primordiales comme course à étape) sous forme liquide ou soft (type compote, pâte de fruit)
- introduire du plus solide si envie et supporté
- Apports sous forme salée (purée par exemple)

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

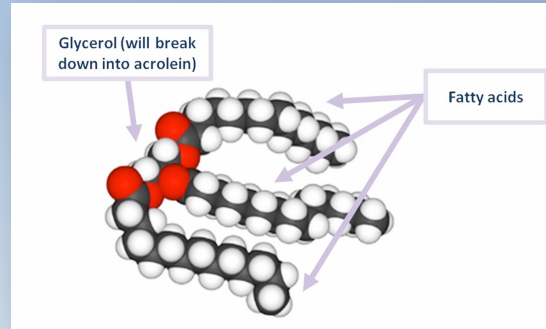


Les Lipides ou corps gras

Lipides simples ou homolipides

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

mise en réserve de AG par l'organisme

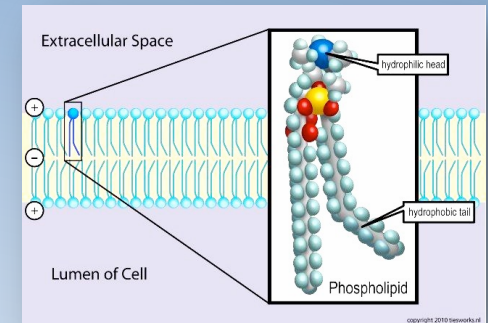


Principale réserve d'énergie

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

Lipides complexes ou hétérolipides

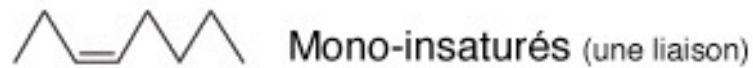
- Les phospholipides,
- Glycolipides



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, maïs,
arachide)

Stockage des AG sous forme de triglycérides

Lipogenèse

Dégradation des triglycérides (tissu adipeux) en AG et glycérol

Lipolyse

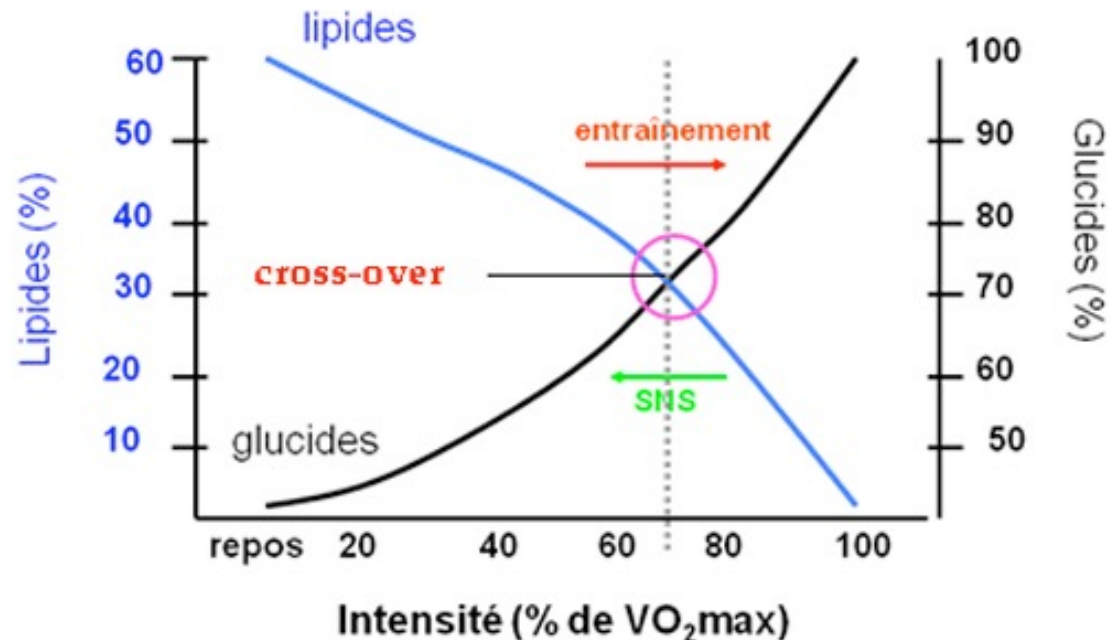
*Enzyme clé :
Lipase Hormono-
Sensible (LHS)*

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

Acide α -linoléinique
(C18 : 3 ω -3)

RNP



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



Acide gras	France — ANSES	Europe — EFSA	Équivalent français à 2 000 kcal/j
Oméga-3 : ALA, acide α-linolénique	1 % de l'énergie	0,5 %	≈ 2,2 g/j
Oméga-3 : EPA	250 mg/j	EPA + DHA : 250 mg/j au total	250 mg/j
Oméga-3 : DHA	250 mg/j	Inclus dans le total ci-dessus	250 mg/j
Oméga-6 : LA, acide linoléique	4 % de l'énergie	4 %	≈ 8,9 g/j
Oméga-9 : acide oléique	15–20 % de l'énergie	Pas de référence quantitative spécifique	≈ 33–44 g/j

- **Huiles de colza et de noix** pour l'ALA, et **huile d'olive** notamment pour l'acide oléique.
- **Poisson deux fois par semaine, dont un poisson gras**, en variant les espèces.
- **Une petite poignée de fruits à coque non salés par jour**, les noix apportant notamment de l'ALA.

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