



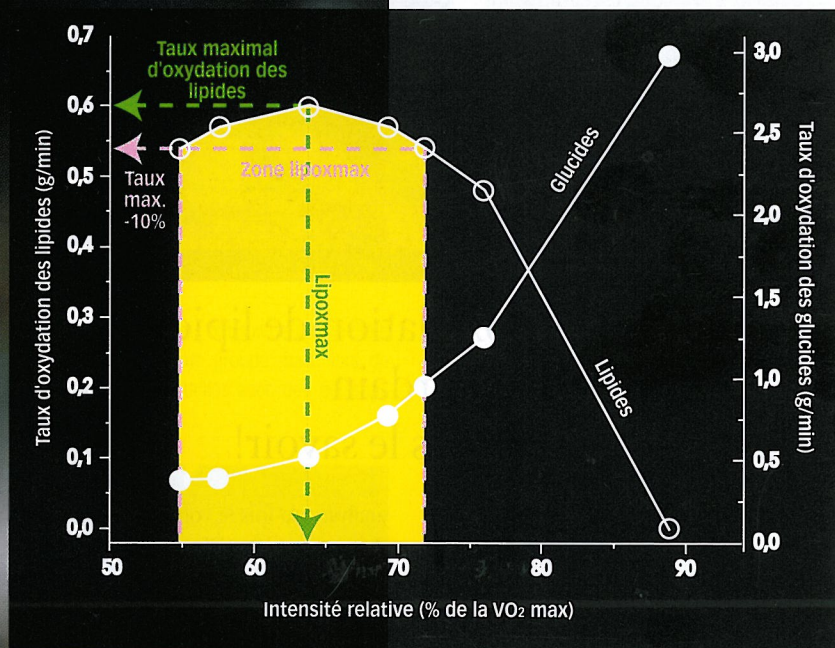
Lipoxmax

Dans le jargon des physiologistes, le lipoxmax désigne l'intensité idéale pour brûler des graisses. Cela intéressera tous ceux et celles qui veulent perdre du poids. A moins qu'il ne leur faille plutôt perdre d'abord leurs illusions à propos de ce concept de lipoxmax.

mythe ou réalité?

En sciences, il arrive assez souvent que des chercheurs aboutissent à formuler des hypothèses qui, toutes, possèdent des qualités d'ingéniosité et de cohérence. Seul petit problème: elles sont erronées. C'est très frustrant! Certains en arrivent à regretter que le monde n'ait pas eu la politesse élémentaire de mieux se plier à leurs subtiles constructions intellectuelles. On connaît la célèbre réplique d'Einstein à la réception du télégramme d'Eddington qui confirmait sa théorie sur la relativité. "Le contraire aurait été dommage pour Dieu". En l'occurrence, il avait raison. Mais il faut toujours se méfier des prétentions savantes et des raisonnements trop séduisants. Le journaliste satirique américain Henry Louis Mencken (1880-1956) utilisait une jolie expression pour dénoncer ces pièges de la pensée: "Il existe pour chaque problème complexe, une solution simple, directe... et fausse". Voici l'histoire du lipoxmax.

Evolution de la consommation des glucides et des lipides en fonction de l'intensité de l'effort. (NB: Nous ne tenons pas compte des protéines qui interviennent assez peu dans la production d'énergie.)



Des courbes parfaites

Pour comprendre l'idée de lipoxmax, il faut savoir que le mélange de carburants utilisé par nos cellules pour produire de l'énergie pendant l'effort varie selon l'intensité de celui-ci. Plus l'exercice est intense, plus grande sera la part des glucides dans ce mélange. Le schéma ci-dessous indique cela très clairement avec une consommation des glucides qui grimpe en flèche à mesure que l'on accélère la cadence. Pour les lipides, la situation est un peu plus complexe. Leur consommation commence par augmenter elle aussi avec l'intensité de l'exercice. Mais



Nous faisons de l'oxydation de lipides comme monsieur Jourdain faisait de la prose. Sans le savoir!

assez rapidement, elle culmine à un maximum, pour décroître ensuite et devenir nulle à partir d'un niveau qui correspond à 85-90% de la VO_2 max. L'observation de cette courbe en U inversée a inspiré des physiologistes qui en ont logiquement déduit que, pour faire fondre la graisse à l'effort, il fallait choisir une intensité d'exercice ni trop élevée, ni trop faible, de façon à bénéficier à la fois d'une dépense énergétique appréciable et d'une contribution importante des lipides dans le mélange de combustion.

Face à un si joli tableau, les chercheurs ont pointé le sommet de la courbe du taux d'oxydation des lipides et l'ont baptisé du nom de "Fatmax" en anglais ou de "Lipoxmax" en français. Ils ont ensuite imaginé un protocole pour le déterminer précisément. Pour cela, on procède à un test d'effort par paliers, au cours duquel on

analyse à la fois le volume et la composition des gaz expirés. Cela permet de chiffrer l'intensité de l'effort et de déduire le type de carburant grâce à l'évolution du quotient respiratoire (QR), c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'oxygène (O_2) assimilé par la respiration et le gaz carbonique (CO_2) rejeté par la bouche. L'équation s'écrit: $QR = VCO_2/VO_2$. Ce rapport change en fonction du type de carburant. Le QR associé à l'oxydation des glucides est de 1,0 tout rond. En d'autres termes, on libère autant de gaz carbonique qu'on assimile de molécules d'oxygène. Le QR associé à l'oxydation des lipides est plus faible, soit 0,7 environ. Bref, on libère un peu moins de gaz carbonique que l'on ne consomme d'oxygène. Le reste, ce sont des calculs de proportions dont nous vous faisons grâce. Ceux-ci permettent néanmoins de savoir qu'un QR de 0,91 par

exemple, indique que 70% de l'énergie sont fournis par l'oxydation des glucides et 30% par l'oxydation des lipides. En combinant toutes ces informations, on peut donc déterminer de façon assez précise l'intensité qui correspond au taux d'oxydation maximal des lipides: le fameux lipoxmax.

Pourquoi le lipoxmax ne marche pas?

Au cours de ces dernières années, l'équipe du Professeur Asker Jeukendrup (Université de Birmingham) est peut-être celle qui a le plus publié sur la relation entre l'intensité de l'exercice et le taux d'oxydation des lipides (2, 9, 18). D'origine hollandaise, le Professeur Jeukendrup est connu dans les milieux de l'entraînement, ce qui lui vaut d'intervenir comme experts auprès des certains sportifs professionnels comme les coureurs de l'équipe cycliste professionnelle Rabobank. Il n'hésite pas non plus à mettre ses théories à l'épreuve du terrain et participe régulièrement à des épreuves de triathlon de longues distances (voir photo ci-contre). Lors d'une de ses études, Jeukendrup a testé 143 femmes et 157 hommes afin d'établir leur lipoxmax. Ces sujets étaient âgés de 18 à 65 ans et affichaient des formes physiques très différentes (VO_2 max comprise entre 21 et 82 mL/kg/min). Le point maximal d'oxydation des graisses se situait, chez ces sujets, à une intensité d'effort qui valait en moyenne 45% de la VO_2 max chez les hommes et 52% chez les femmes. Toutefois, le chercheur a été surpris par l'éparpillement des valeurs (de 28 à 77% de la VO_2 max). Il a observé que cela dépendait notamment du niveau de forme. En règle générale, le lipoxmax est plus élevé chez les sujets entraînés. Pour des cyclistes masculins moyennement entraînés (VO_2 max de 58 mL/kg/min), le lipoxmax tournait autour de 64% de la VO_2 max, ce qui correspond à peu près à l'intensité d'une sortie d'entraînement d'un niveau de difficulté moyen. Imaginons à présent la situation d'un coureur qui désire perdre du poids (donc de la graisse). Ne serait-il pas intelligent de lui conseiller de rester très précisément à ce niveau d'intensité (c'est-à-dire 64% de VO_2 max)? C'est évidemment la thèse que défendent beaucoup de spécialistes de l'effort. Certains laboratoires offrent même un service spécifique de détermination du lipoxmax dans un but explicite d'amaigrissement. Leur raisonnement est le suivant: "si un sujet est trop gros, c'est parce qu'il possède un excès de réserves en graisses. Comme maigrir revient à réduire ces réserves, donc à

brûler ces graisses et que le lipoxmax correspond à l'intensité de l'exercice pour laquelle l'oxydation des lipides est maximisée, c'est précisément à cette intensité d'effort qu'il convient de travailler." Dans la théorie, ce raisonnement est inattaquable. Malheureusement, il est faux pour au moins quatre raisons.

Raison 1

Le lipoxmax n'est pas un pic

La première raison est que, comme on le voit à la figure 1, le point culminant de la courbe du taux d'oxydation des lipides n'a pas la forme d'une aiguille pointée vers le ciel. Au contraire, il se situe au milieu d'une espèce de bosse; raison pour laquelle le professeur Juul Achten (Université de Warwick) parle de "zone lipoxmax" (ou "fatmax zone" en anglais) plutôt que du lipoxmax comme d'un point précis. Il fait ensuite la démonstration qu'en admettant une diminution faible (jusqu'à -10%) du taux maximal d'oxydation des lipides, on peut consentir à des efforts dans une gamme d'intensités très large. Dans l'étude sur les cyclistes précédemment citée, où le lipoxmax correspondait à une intensité d'exercice de 64% de la VO₂ max, la zone lipoxmax s'étendait de 55 à 72% de la VO₂ max. Pour mettre cette observation en perspective avec les réalités du terrain, soulignons que l'intensité adoptée spontanément à l'entraînement dans la plupart des activités dites d'endurance se situe précisément entre 40 et 75% de la VO₂ max, c'est-à-dire des intensités qui correspondent grosso modo à

la zone lipoxmax de la majorité de la population. Bref, nous faisons de l'oxydation de lipides comme monsieur Jourdain faisait de la prose. Sans le savoir! Et la perte des quelques grammes de graisse de plus ou de moins selon qu'on se situe exactement au sommet de la courbe ou juste à côté pèse finalement très peu dans le décompte final.

Raison 2

Le lipoxmax change tout le temps!

La deuxième raison pour laquelle il est inutile de mesurer précisément le pourcentage exact de la VO₂ max correspondant au taux maximum d'oxydation des lipides est que, contrairement à la taille ou aux

empreintes digitales du sujet, le lipoxmax n'est pas une caractéristique immuable de la personne. Il varie en effet en fonction du niveau de forme (nous l'avons dit) et, surtout, en fonction de l'alimentation. Il apparaît que notre organisme est tout à fait capable de tenir compte des apports énergétiques récents pour varier la formule de carburation au cours de l'exercice. Cela se traduit notamment par la nette élévation du QR chez ceux qui effectuent un exercice à la suite d'un régime riche en glucides, comme dans le régime scandinave dissocié, ou lorsque des boissons énergétiques sont ingérées avant ou pendant l'exercice. Cette découverte n'est pas récente. Elle date des

LE LIPOXMAX QUI MONTE, QUI MONTE

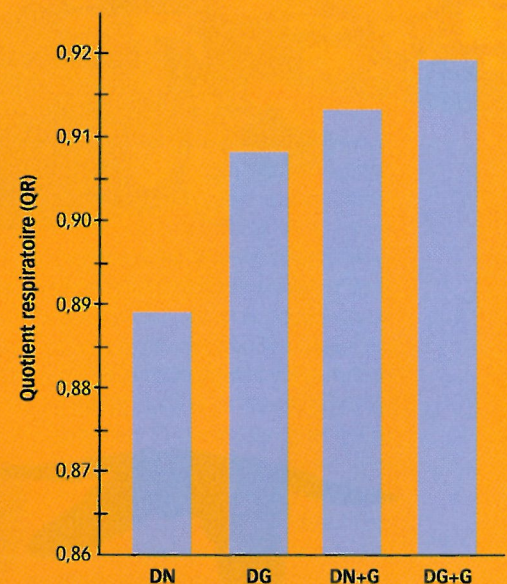
La figure ci-dessous montre une nette variation de quotient respiratoire pour un même effort selon que les sujets ont été préalablement soumis à des protocoles alimentaires très différents (16). En se basant sur un paramètre aussi fluctuant, on se condamne évidemment à trouver un lipoxmax totalement instable dont l'intérêt pratique nous apparaît dès lors très hypothétique (14).

Groupe DN: ces sujets ont suivi une diète normale

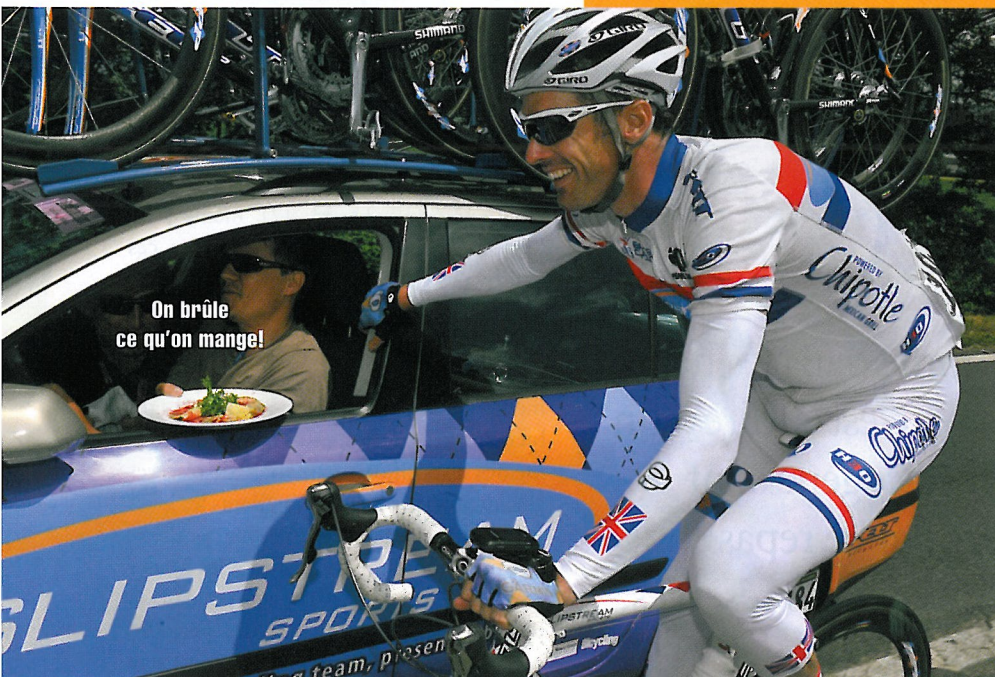
Groupe DG: le régime avant l'effort était particulièrement riche en glucides (pâtes, pains, légumes secs, etc.)

Groupe DN+G: ces sujets ont suivi la même diète que ceux du premier groupe mais, lors de l'effort, on les a ravitaillés avec des boissons énergétiques à raison de 2 grammes par kilo de poids corporel.

Groupe DG+G: ces sujets ont suivi la même diète que ceux du deuxième groupe mais, lors de l'effort, on les a ravitaillés avec des boissons énergétiques.



travaux précurseurs menés au Danemark en 1939 (5). Elle fut confirmée maintes fois, notamment par Juul Achten sur onze athlètes masculins (1). Leur lipoxmax était en moyenne à 60% de VO₂ max s'ils avaient consommé 75 grammes de glucides trois quarts d'heure avant la séance. Alors qu'il descendait à 52% de VO₂ max lors d'un test effectué à jeun. Récemment encore, une étude menée à l'Université de Montréal a mis en lumière les variations de QR en fonction de l'alimentation (voir encadré), ce qui confirme ce qui a été énoncé plus haut: le lipoxmax n'est pas immuable et varie sans





Lorsqu'un repas est consommé dans les heures qui suivent l'exercice intense, c'est-à-dire à un moment où les réserves en glycogène sont basses, les glucides apportés par ce repas sont utilisés en priorité pour restaurer ces réserves, plutôt que pour être oxydés.

cesse chez une même personne. Il y a donc assez peu de chances pour que celui qui aura été déterminé dans les conditions nutritionnelles particulières au moment de la visite du sujet au laboratoire corresponde au taux maximum d'oxydation des lipides à chacune de ses séances ultérieures d'exercice. A trop se focaliser sur ce paramètre, on s'expose à appliquer des formules inadéquates. Sans compter qu'on se complique aussi beaucoup la vie pour pas grand-chose.

Raison 3

Le lipoxmax ne dit pas tout!

Voici à présent la troisième raison pour laquelle il n'est pas utile de connaître précisément le pourcentage de la VO_2 max correspondant au taux maximal d'oxydation des lipides. C'est la plus importante de toutes. Et aussi la plus difficile à comprendre. Elle repose sur l'observation banale mais qui semble avoir été oubliée par de nombreux auteurs, que la vie ne s'arrête pas avec la fin de la séance d'exercice, et que des lipides sont aussi oxydés au cours des heures qui suivent l'effort. Or, cette quantité de lipides oxydée après la séance doit également être prise en compte quand on établit le bilan des pertes dues à l'exercice. D'après plusieurs expériences, il apparaît que si le sujet oxyde plus de lipides pendant la période d'exercice, il en oxyde moins pendant la période de récupération. De la même façon, s'il oxyde plus de glucides pendant la période d'exercice, il en oxydera moins après. Au bout de la journée, le calcul s'équilibre parfaitement! Pour une quantité totale donnée d'énergie dépensée et une quantité totale donnée d'énergie apportée par l'alimentation, on s'aperçoit en définitive que l'intensité de l'effort n'affecte pas la quantité totale de lipides oxydés. Ce phénomène est désormais très bien documenté (10, 11, 13, 17), même si sa démonstration est fastidieuse. Dans ces études, on réunit un groupe de sujets à qui on propose des séances d'exercice plus ou moins intenses et, par conséquent, plus ou moins longues, de façon à conserver la même dépense énergétique totale. Il faut bien sûr veiller à ce qu'ils soient dans les mêmes dispositions en matière de réserves glucidiques (pas d'efforts épuisants les jours précédents, pas de régime particulier). Ensuite, on mesure l'oxydation des lipides pendant l'exercice, mais aussi pendant la phase de récupération sur des périodes variant de 2 à 24 heures. Si l'on respecte

toutes ces précautions, on verra que la quantité de lipides oxydés pendant l'exercice est effectivement plus importante à l'intensité d'effort la plus basse (le QR est faible), mais que cette différence est contrebalancée en période de récupération (le QR est élevé) et qu'au bout du compte, l'intensité de l'exercice n'a aucune influence sur la quantité totale de lipides oxydés. Lorsqu'un repas est consommé dans les heures qui suivent l'exercice intense, c'est-à-dire à un moment où les réserves en glycogène sont basses, les glucides apportés par ce repas sont utilisés en priorité pour restaurer ces réserves, plutôt que pour être oxydés. Le résultat est une oxydation préférentielle des lipides. Inversement, à la suite d'un exercice à intensité plus basse, les réserves de glycogène sont moins réduites, ce qui favorise leur oxydation. Quant aux glucides apportés par les repas suivant les séances d'exercice, ils sont moins utilisés pour restaurer les réserves de glycogène et sont donc plus oxydés. Le résultat est une oxydation des lipides moins importante. Certes, on ne connaît pas encore très bien les mécanismes qui permettent à l'organisme d'orienter ses choix de carburants en fonction de l'évolution des réserves. Mais les faits sont là.

Raison 4
L'intérêt du lipoxmax est mis en doute par les expériences de terrain

Pour tous ceux qui ont bien suivi les explications de la raison numéro 3, la raison numéro 4 paraîtra bien enfantine. Elle consiste tout simplement à mettre à l'épreuve ces belles théories sur l'amaigrissement et à comparer leurs valeurs prédictives avec les réalités du terrain. Et là, à nouveau, cela ne marche pas! Selon l'idée du lipoxmax, l'exercice le plus susceptible de faire maigrir devrait être composé de séances longues à faible intensité. Or, dans le cadre d'une étude menée à Montpellier, on a obtenu, des résultats rigoureusement

inverses (3, 4). Cette étude portait sur une série de jeunes obèses répartis en deux groupes qui devaient s'entraîner à une intensité qui, pour les uns, correspondait à leur lipoxmax (51% de leur VO₂ max) et qui, pour les autres, était nettement plus élevée (lipoxmax + 40% de lipoxmax). La durée des séances était ajustée de sorte que la dépense calorique restait la même pour les deux groupes. Après deux mois, les sujets entraînés à lipoxmax avaient perdu 5,2 kilos, tandis que la perte de poids moyenne au sein de l'autre groupe atteignait les 7 kilos! D'autres études montrent que l'exercice à intensité élevée, même s'il s'accompagne de la combustion d'un mélange de substrats

LE SPORT INTENSE FAIT MAIGRIR À RETARDEMENT

	Matin	Après-midi	Total
LIPIDES			
Basse intensité	55,5 g	21,8 g	77,3 g
Haute intensité	43,8 g	34,1 g	77,9 g
GLUCIDES			
Basse intensité	159,3 g	108,7 g	268,0 g
Haute intensité	192,5 g	93,6 g	286,1 g

Sur ce tableau, sont répertoriées les données d'une étude effectuée à l'Université de Montréal qui consistait à comparer la dépense énergétique au sein de deux groupes de sujets (8). Tous avaient effectué une séance d'entraînement le matin même. Pour les uns, le programme prévoyait un effort de longue durée à faible intensité. Pour les autres, c'était l'inverse. L'effort avait été intense et court. La dépense énergétique totale était cependant identique dans les deux cas. Comme il fallait s'y attendre, la quantité de lipides oxydés en cours d'exercice était plus importante pour les sujets du premier groupe. Dans l'optique d'un amaigrissement, ils jouissaient donc d'un léger avantage. Mais l'expérience ne s'arrêtait pas là. Après le repas de midi, les sujets étaient mis au repos et restaient sous observation pendant une période de 8 heures au cours de laquelle la relation s'inversait. La quantité de lipides oxydés devenait plus importante pour les sujets du deuxième groupe. Au bout du compte, les deux groupes se retrouvaient à égalité, ce qui signifie en d'autres termes que l'intensité de l'effort ne joue pas dans le processus d'amaigrissement.

comprenant plus de glucides, provoque finalement une plus grande perte de lipides. La répartition des efforts au sein de la séance joue également un rôle important. Dans une étude australienne, il apparaît que l'entraînement par intervalles (EPI) donne de meilleurs résultats que l'entraînement continu (15). Lors de cette étude, 45 jeunes femmes ont suivi les deux types d'entraînement. Après 15 semaines, seules les participantes qui avaient effectué le travail fractionné avaient réussi à réduire leur masse corporelle (63,3 à 61,8 kg) et leur masse



Attention aux théories trop séduisantes



L'exercice au lipoxmax n'a donc pas plus de vertus amaigrissantes que l'exercice aux autres intensités

grasse (22,2 à 19,7 kg). Ce n'est pas vraiment une surprise. Depuis plusieurs années, on sait que le découpage des efforts permet d'augmenter globalement la dépense énergétique et de réduire en même temps l'appétit. Spontanément on mange moins après une séance d'entraînement par intervalles. Tout cela est favorable à la perte de poids!

La fin d'un mythe?

En résumé, l'idée que l'exercice au lipoxmax maximise la perte de graisse est un mythe. Nous avons vu que le taux d'oxydation des lipides variait peu sur une très large fourchette d'intensités correspondant à celles que la majorité des personnes adoptent spontanément à l'exercice (première raison); que le lipoxmax dépendait beau-

coup de l'état nutritionnel du sujet et donc que son évaluation était très peu fiable (deuxième raison); que la quantité de lipides oxydés à l'effort était de toute façon contrebalancée par la quantité de lipides brûlés au repos (troisième raison); et enfin que les réalités du terrain indiquent que l'effet amaigrissant des séances d'exercice est plus prononcé si elles sont effectuées à intensité élevée (quatrième raison). L'exercice au lipoxmax n'a donc pas plus de vertus amaigrissantes que l'exercice aux autres intensités et cette notion n'a pas sa place dans les recommandations classiques de santé (6, 7). Dans son plus récent avis sur l'activité physique, l'amaigrissement et le maintien du poids après amaigrissement, l'American College of Sports Medicine ne retient pas

l'idée que l'exercice au lipoxmax possède des vertus particulières (7) et, sur le même sujet, le Comité scientifique de Kino-Québec écrit: "S'il existe une intensité optimale d'entraînement pour perdre de la graisse, elle est relativement élevée." (6) Voilà qui ressemble à un enterrement en grande pompe. Adieu, lipoxmax!

François Péronnet,

Guy Thibault et Jonathan Tremblay

Dép. de kinésiologie, Université de Montréal,

Guy Thibault travaille aussi au ministère

de l'Éducation, du Loisir et

du Sport du gouvernement du Québec

RÉFÉRENCES

- (1) Achten J et AE Jeukendrup (2003) *The effect of pre-exercise carbohydrate feedings on the intensity that elicits maximal fat oxidation.* *J Sports Sci* 21(12):1017-1024.
- (2) Achten J et AE Jeukendrup (2004) *Optimizing fat oxidation through exercise and diet.* *Nutrition* 20:716-727.
- (3) Brandou F et coll. (2005) *Impact of high- and low-intensity targeted exercise training on the type of substrate utilization in obese boys submitted to a hypocaloric diet.* *Diabetes Metab* 31(4 Pt 1):327-335.
- (4) Brandou F et coll. (2006) *Comparison of the type of substrate oxidation during exercise between pre and post pubertal markedly obese boys.* *Int J Sports Med* 27:407-414.
- (5) Christensen EH et O Hansen (1939) *Zur Methodik der respiratorischen Quotient-Bestimmungen in Ruhe und bei Arbeit.* *Skand Arch Physiol* 81:137-171.
- (6) Comité scientifique de Kino-Québec (2006) *L'activité physique et le poids corporel.* Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, gouvernement du Québec, réédité en 2008, 44 p.
- (7) Donnelly JE et coll. (2009) *American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults.* *Med Sci Sports Exerc* 41(2):459-471.
- (8) Folch N, F Péronnet, D Massicotte, M Duclos, C Lavoie et C Hillaire-Marcel (2001) *Metabolic response to small and large 13C-labelled pasta meals following rest or exercise in man.* *Br J Nutr* 85(6):671-680.
- (9) Jeukendrup AE (2002) *Regulation of fat metabolism in skeletal muscle.* *Ann N Y Acad Sci* 967:217-235.
- (10) Melanson EL, PS MacLean et JO Hill (2009) *Exercise improves fat metabolism in muscle but does not increase 24-h fat oxidation.* *Exerc Sport Sci Rev* 37(2):93-101.
- (11) Melanson EL et coll. (2009) *When energy balance is maintained, exercise does not induce negative fat balance in lean sedentary, obese sedentary, or lean endurance-trained individuals.* *J Appl Physiol* 107(6):1847-1856.
- (12) Pillard F et coll. (2010) *Lipid oxidation in overweight men after exercise and food intake.* *Metabolism* (sous presse).
- (13) Sarris WHM et P Schrauwen (2004) *Substrate oxidation differences between high- and low-intensity exercise are compensated over 24 hours in obese men.* *Int J Obesity* 28:759-765.
- (14) Thibault G (2009) *Entraînement cardio: sports d'endurance et performance.* Éditions Vélo Mag; Collection Géo Plein Air, 264 pages.
- (15) Trapp EG et coll. (2008) *The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women.* *Int J Obes* 32(4):684-691.
- (16) Tremblay J, F Péronnet, D Massicotte et C Lavoie (2010) *Carbohydrate Supplementation and Sex Differences in Fuel Selection during Exercise.* *Med Sci Sports Exerc* (sous presse).
- (17) Treuth MS, GR Hunter et M Williams (1996) *Effects of exercise intensity on 24-h energy expenditure and substrate oxidation.* *Med Sci Sports Exerc* 28:1138-1143.
- (18) Venables MC, J Achten J et AE Jeukendrup (2005) *Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study.* *J Appl Physiol* 98(1):160-167.