

Les effets des régimes riches en lipides et faibles en glucides sur la performance lors des ultramarathons

Maximilien Van Haaster, Dt.P., Amélie Deschamps, Dt.P., Mélanie Mantha, Dt.P. and Mélanie Olivier, Dt.P., M. Sc.

Volume 19, Number 1, Spring 2021

Développement des compétences : de la littératie alimentaire à l'alimentation durable

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1084185ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1084185ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Ordre professionnel des diététistes du Québec

ISSN

2561-620X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Van Haaster, M., Deschamps, A., Mantha, M. & Olivier, M. (2021). Les effets des régimes riches en lipides et faibles en glucides sur la performance lors des ultramarathons. *Nutrition Science en évolution*, 19(1), 17–22.
<https://doi.org/10.7202/1084185ar>

LES EFFETS DES RÉGIMES RICHES EN LIPIDES ET FAIBLES EN GLUCIDES SUR LA PERFORMANCE LORS DES ULTRAMARATHONS



Maximilien Van Haaster, Dt.P.

Sous la supervision de : **Amélie Deschamps**, Dt.P., **Mélanie Mantha**, Dt.P., **Mélanie Olivier**, Dt.P., M. Sc.

Introduction

Les ultramarathons ont gagné en popularité dans le monde ces dernières années. En effet, de 1996 à 2018, le nombre de participants a augmenté de 1 267 % (1). Le Canada se situe au 12^e rang mondial des nations comptant le plus de participants. Cette hausse de popularité est bien présente au Québec où l'on trouve environ une dizaine d'ultramarathons chaque année (1).

L'alimentation lors des épreuves d'endurance reçoit beaucoup d'attention et pour cause, elle est souvent la pierre angulaire de la performance des athlètes. Ainsi, les recommandations nutritionnelles pour un ultramarathon préconisent de consommer entre 150 et 400 kcal/h, dont 30 à 50 g de glucides par heure, 5 à 10 g de protéines par heure et le reste de l'énergie sous forme de lipides (2). Malgré ces re-

commandations, l'on assiste ces dernières années à l'essor des régimes faibles en glucides et riches en lipides (LCHF) chez les ultramarathoniens. Cet article vise à déterminer si ce type de régime se fonde sur des données scientifiques probantes et s'il améliore la performance des ultramarathoniens.

Qu'est-ce qu'un ultramarathon ?

Toute course à pied de plus de 42,2 km est considérée comme un ultramarathon. Les distances peuvent varier, les plus communes étant les

18 courses de 50 km, 100 km, 80,47 km (50 miles) et 160,93 km (100 miles). Il y a également les doubles marathons, les courses de 24 heures (le vainqueur est la personne qui parcourt la plus grande distance en 24 heures) et des ultramarathons de plusieurs jours dont la distance peut atteindre, voire dépasser 1 600 km. Parmi les épreuves d'ultramarathon, nous y retrouvons les « ultra-trails » qui sont caractérisés par des conditions parfois extrêmes (environnement désertique, montagneux, tropical ou arctique) où la température, le terrain et l'altitude présentent de grands défis. Contrairement aux épreuves d'endurance « régulières », certains ultramarathons, notamment ceux qui se déroulent sur plusieurs jours, sont semi-autonomes ou autonomes. Lors des épreuves autonomes, les athlètes transportent tous leurs effets personnels et leur nourriture dans des sacs pouvant peser jusqu'à 15 kg (3).

La dépense énergétique lors d'un ultramarathon

Les besoins énergétiques peuvent varier grandement selon la durée et l'intensité de la course, les conditions environnementales, l'altitude, le type de terrain, la constitution et l'expérience de l'athlète (4). Lors d'une course de 225 km de cinq jours en terrain vallonné, la dépense énergétique quotidienne serait entre 3 831 et 4 999 kcal/jour (5). Britton et coll. (2011) ont évalué la dépense énergétique lors d'une course de 305 km en montagne de 8 jours. Les résultats indiquent que les athlètes dépensaient entre 4 764 et 5 654 kcal/jour (6). Finalement, lors d'une course de 24 heures (distance variant entre 122 et 208 km), Costa et coll. (2014) ont noté une dépense énergétique pouvant atteindre 18 000 kcal/jour (7). Les athlètes ont de la difficulté à consommer suffisamment de calories pour compenser l'énorme dépense énergétique lors d'un ultramarathon ; aussi,

un déficit énergétique est présent dans la majorité des cas. Les apports énergétiques lors d'une course en sentier (« ultra-trail »), variables selon la tolérance digestive et l'appétit de l'athlète, représentent entre 24 et 63 % des dépenses énergétiques (8). Aussi, la capacité de l'athlète à ingérer le plus d'énergie possible durant l'ultramarathon devient l'enjeu primordial de sa performance. En effet, il a été observé que les personnes qui terminent une épreuve de course en sentier de 160 km ont un déficit énergétique moins grand que celles qui n'y parviennent pas (- 3,6 kcal/km vs - 45,6 kcal/km) (9).

Intensité lors des ultramarathons

Un ultramarathon est une épreuve de plusieurs heures qui sollicite principalement le système énergétique aérobie. L'intensité moyenne d'un ultramarathon est moindre (calculée en pourcentage du VO₂max) que celle des épreuves de type anaérobie de plus courte durée. Par exemple, lors d'une course de 65 km en sentier de montagne, des athlètes amateurs ont couru à une intensité de 63,2 ± 9,1 % du VO₂max (10). En comparaison, des athlètes d'élite peuvent terminer une épreuve de 100 km à des intensités moyennes de 74,9 ± 2,4 % du VO₂max (11). Ces valeurs représentent la moyenne du VO₂max sur plusieurs heures ; certains moments de la course peuvent être nettement

plus intenses et anaérobiques (p. ex., lors d'une montée ou d'un sprint final). Le tableau 1 montre les vitesses moyennes des athlètes lors de l'événement *UltraTrail Harricana* de 2020.

En plus de tenir compte des intensités et des vitesses moyennes lors de ces courses, il est important de comprendre l'entraînement qui les précède pour mieux adapter le plan alimentaire. La plupart des programmes d'entraînement comportent des séances d'intensité très variable. Il y a aussi une grande variation dans le volume hebdomadaire d'entraînements (tableau 2). Certaines séances, plus longues, requièrent de la part des athlètes des efforts maintenus à une intensité relativement basse ; d'autres, plus courtes, se déroulent sous forme d'intervalles comportant des pics à très haute intensité (12).

Les régimes faibles en glucides et riches en gras (low-carb, high-fat ou LCHF) et les ultramarathons

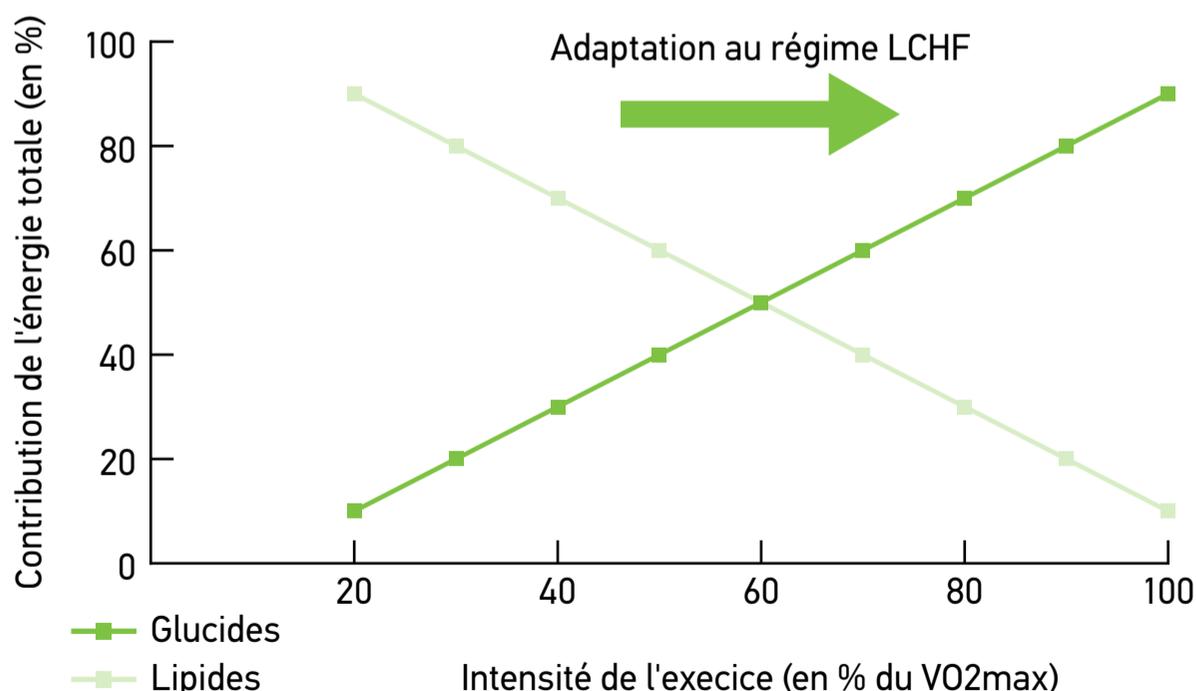
Malgré la popularité des régimes faibles en glucides, leur définition exacte ne fait pas consensus. Selon l'*Institute of Medicine* (IOM), les glucides devraient fournir entre 45 % et 65 % de l'apport énergétique total (AET) quotidien (13). Ainsi, les régimes dont l'apport énergétique fourni par les glucides est inférieur à 45 % pourraient être considérés comme des régimes faibles en glu-

Tableau 1. Vitesses moyennes de l'Ultra-Trail Harricana 2020

Épreuves	Gagnant		Dernier finissant	
	Vitesse moyenne	Temps de complétion	Vitesse moyenne	Temps de complétion
65 km	11.8 km/h (5:05 min/km)	5:32:52.2 h	4.8 km/h (12:30 min/km)	13:38:46.3 h
80 km	11.3 km/h (5:18 min/km)	7:06:40.3 h	5.0 km/h (12:00 min/km)	16:06:10.7 h
125 km	8.9 km/h (6:44 min/km)	13:58:57.4 h	4.8 km/h (12:30 min/km)	25:49:22.6 h

Tableau 2. Exemple de volume d'entraînement en vue d'une course de 65 km (12)

Semaine	Temps total d'entraînement par semaine (minutes)	Moyenne par semaine (minutes)
1	155 – 255	205
2	244 – 358	301
3	279 – 418	348,5
4	260 – 386	323
5	321 – 466	393,5
6	271 – 408	339,5
7	177 – 270	223,5
8	322 – 482	401
9	309 – 458	383,5
10	304 – 477	390,5
11	239 – 348	293,5
12	254 – 373	313,5
13	221 – 343	282
14	72 – 94	83

Graphique 1. Métabolisme des glucides et des lipides selon l'intensité de l'exercice

cides. Le régime de type cétogénique est un régime LCHF puisque l'apport en glucides est restreint à moins de 50 g par jour (ou moins de 10 % de

l'AET sous forme de glucides) (14). Aussi, l'apport lipidique est grandement augmenté pour que l'AET soit suffisant.

L'intérêt pour les régimes LCHF ne date pas d'hier. Une étude de 1983 (15) avait observé une augmentation de l'oxydation des lipides chez des athlètes d'endurance après quatre semaines d'un régime LCHF (< 20 g glucides/jour, 80 % lipides). Par contre, lors d'une épreuve sous-maximale (env. 63 % VO₂max), aucune différence n'avait été observée entre le régime LCHF et le régime standard (env. 57 % glucides) sur la performance (15). De plus, les auteurs observaient une nette diminution de la performance lorsque l'exercice était exécuté à des intensités plus élevées (plus près du VO₂max), ce qui suggère une diminution de la capacité anaérobie des sujets (15).

Pour valider ou infirmer ces théories, un groupe de recherche (16) s'est penché sur la question en étudiant l'effet d'un régime fournissant environ 10 % de l'énergie sous forme de glucides et près de 70 % sous forme de lipides chez des athlètes d'ultraendurance. Les résultats ont démontré à nouveau que le métabolisme des athlètes s'adapte au régime LCHF en augmentant l'oxydation des lipides pendant un exercice aérobique. En effet, le rythme maximal d'oxydation des lipides augmente et survient à une intensité (VO₂max) plus élevée que chez les athlètes d'ultraendurance qui suivent un régime standard (env. 59 % glucides, env. 25 % lipides) (graphique 1). Cependant, aucun indicateur de performance n'a été mesuré (16).

Les données scientifiques démontrent qu'il y a des adaptations métaboliques et que l'oxydation des lipides augmente lors d'un effort sous-maximal lorsque l'apport en glucides diminue. Ainsi, l'athlète qui suit un régime LCHF pourrait terminer un ultramarathon en utilisant principalement les lipides comme source d'énergie.

Il n'y a à ce jour aucune étude comparant les effets d'un régime LCHF à un autre plus élevé en glucides sur la

20 performance d'ultramarathoniens. Les quelques études sur l'effet d'un régime LCHF sur la performance portaient sur des athlètes d'endurance sur des distances plus courtes. Vu la similarité des exigences physiologiques, des gestes moteurs et des protocoles d'entraînement, les conclusions tirées de ces études seraient applicables aux ultramarathons.

Burke et coll. (2017) ont étudié l'effet d'un régime LCHF sur la performance d'athlètes de calibre international lors d'une course de 10 km de marche rapide (marche athlétique ou olympique) (17). Après trois semaines d'entraînement intensif, les athlètes ayant suivi un régime riche en glucides (60-65 % de l'AÉT) avaient amélioré leur performance tandis que les athlètes du groupe LCHF (75-80 % lipides et < 50 g glucides) avaient accusé une légère diminution (non significative) de celle-ci. Cette diminution de la performance, survenant malgré l'augmentation de l'oxydation des lipides, a été attribuée à la diminution de l'économie lors de la marche. En effet, à des intensités plus élevées, l'oxydation des lipides requiert une quantité d'oxygène nettement supérieure comparativement à l'utilisation de glucides comme

source d'énergie. La même équipe de chercheurs a reproduit l'étude pour en vérifier l'exactitude. Les résultats étaient presque identiques aux premiers. Le groupe LCHF présentait une augmentation de l'oxydation des lipides et une diminution de la performance de 2,3 % contrairement à l'autre groupe (régime élevé en glucides) dont les performances ont augmenté de 4,8 % (18). Deux autres études récentes examinant le régime LCHF chez des athlètes de différents niveaux n'ont constaté aucune modification (amélioration ou diminution) de la performance (tableau 3).

Régime faible en glucides ou riche en glucides ?

Peu d'études ont démontré la supériorité du régime LCHF par rapport à un régime riche en glucides pour induire une amélioration de la performance chez des athlètes d'endurance (19, 20, 21). Cela s'expliquerait par l'effet négatif que le régime LCHF semble avoir lorsque l'intensité se rapproche du VO₂max. Un régime LCHF pourrait désavantager l'athlète qui participe à un ultramarathon en terrain accidenté, car une bonne capacité anaérobie est requise pour performer lors d'une ascension ou d'un sprint final. Le dénivelé du parcours,

la stratégie individuelle de l'athlète et la disponibilité des stations de ravitaillement sont aussi des facteurs à considérer pour déterminer si un régime LCHF est une option envisageable. Pour un athlète élite visant le podium, un régime LCHF nuirait à sa performance en limitant sa capacité de fournir des efforts plus intenses. Or, un régime LCHF pourrait s'avérer avantageux pour un athlète novice qui maintient une intensité moyenne plus basse lors d'un ultramarathon en terrain plat et pour qui la performance n'est pas un enjeu majeur. Il importe toutefois que l'athlète suive le régime choisi lors des périodes d'entraînement pour s'y adapter.

En dépit de l'effet négatif sur la performance anaérobie, le régime LCHF peut augmenter l'utilisation des lipides comme substrat énergétique lors des efforts à intensité modérée. En effet, les athlètes qui entreprennent un ultramarathon ne peuvent pas se fier exclusivement sur les sources de glucides pour combler leurs besoins énergétiques en raison des inconforts digestifs importants liés à leur consommation (tableau 4) et de la tolérance individuelle variable (2, 22). C'est pourquoi les recommandations actuelles en nutrition sportive pour les ultramarathons re-

Tableau 3. Effets sur la performance d'un régime LCHF dans différentes études

Études	Population	Type de test	Durée du temps d'adaptation		Groupe contrôle	Résultats obtenus
				LCHF		
Shaw et al., 2019 (19)	8 athlètes d'endurance entraînés	Test de course jusqu'à épuisement à 70 % du VO ₂ max	31 jours	≤ 50 g glucides/jour et 75-80 % de l'AÉT sous forme de lipides	46 % glucides	Aucune amélioration dans la performance (LCHF : 219 ± 53 min vs. Contrôle : 231 ± 35 min), p = 0,44
Prins et al., 2019 (20)	7 athlètes d'endurance récréatifs	Course de 5 km à ~82 % du VO ₂ max	6 semaines	≤ 50 g glucides/jour et 75-80 % lipides	60-65 % glucides	Aucune amélioration dans le temps de complétion (LCHF : 1211 ± 152 s vs. Contrôle : 1223 ± 173 s)

Tableau 4. Symptômes digestifs chez les athlètes d'ultra-endurance (22)

Troubles digestifs supérieurs (origine gastro-oesophagienne et gastro-duodénale)	Troubles digestifs inférieurs (origine intestinale)
<ul style="list-style-type: none"> • Nausée • Régurgitation • Vomissement • Crampes abdominales • Reflux gastro-oesophagien 	<ul style="list-style-type: none"> • Flatulences • Ballonnement • Douleur épigastrique • Diarrhée • Sang dans les selles • Urgence pour la toilette

Tableau 5. Exemples de périodisation des glucides selon le nombre d'entraînements

Un entraînement (matin)	Deux entraînements dans la même journée
<ul style="list-style-type: none"> • Pas de déjeuner • Entraînement • Dîner et collation riches en glucides • Souper riche en glucides 	<ul style="list-style-type: none"> • Déjeuner riche en glucides • Entraînement 1 • Dîner et collations faibles en glucides • Entraînement 2 • Souper riche en glucides

Tableau 6. Recommandations lors d'un ultra-marathon selon Tiller et al. (2019) (2)

Recommandations
Énergie totale : 150 – 400 kcal/h
Glucides : 30 – 50 g/h
Protéines : 5 – 10 g/h
Lipides : Quantité nécessaire pour atteindre la cible de kcal
Hydratation : 450 – 750 ml/h
Électrolytes : > 575 mg/h de Na

commandent une approche de périodisation de la consommation des glucides (2).

La périodisation de la consommation de glucides consiste à manipuler la disponibilité des glucides exogènes pour induire des adaptations métaboliques à l'entraînement. Ainsi, certains entraînements sont entrepris

avec une faible disponibilité de glucides pour tirer avantage des adaptations observées chez les personnes suivant un régime LCHF (2). Cette approche nécessite de bien planifier l'alimentation en fonction des entraînements et de cibler ceux qui peuvent être faits avec de faibles réserves de glycogène et un apport restreint en glucides. Les stratégies fréquemment utilisées sont les entraînements à jeun (avant le déjeuner lorsque les réserves de glycogène sont réduites d'environ 80 %) ou les entraînements avec des réserves de glycogène volontairement réduites (deux entraînements dans la même journée avec des apports réduits en glucides entre les entraînements) (tableau 5) (2). La périodisation de la prise de glucides permettrait d'accroître l'utilisation des lipides lors des efforts d'intensité faible à modérée (23). Des entraînements effectués avec des réserves de glycogène basses sont associés à une activation de différentes voies de si-

gnalisation qui jouent un rôle important sur la performance dans les sports d'endurance ; une de ces voies est celle de l'AMPK (*AMP-activated protein kinase*) qui joue un rôle dans la biogenèse des mitochondries et dans la régulation des transporteurs de glucose (GLUT-4) et des transporteurs de monocarboxylate (23). Avec la périodisation de la consommation de glucides, précisons qu'un apport adéquat en glucides doit être maintenu lors des entraînements clés, comme ceux par intervalles, qui nécessitent l'utilisation des glucides pour être efficaces.

Finalement, des entraînements avec de faibles réserves de glycogène sembleraient favoriser l'augmentation du volume de travail total et l'augmentation du temps jusqu'à l'épuisement après une resynthèse des réserves de glycogène (24).

Les recommandations nutritionnelles

Les recommandations nutritionnelles actuelles pour les athlètes d'ultra-endurance prônent une alimentation riche en glucides lors des entraînements et des courses (2, 3). Toutefois, l'athlète et son équipe peuvent cibler les séances d'entraînement qui seront effectuées avec des réserves de glycogène basses, avec ou sans consommation de glucides, pour créer des adaptations métaboliques (23). Étant donné la nature individualisée de la périodisation de la consommation de glucides, il est impossible d'émettre des recommandations applicables à tous.

Tiller et coll. (2019) (2) ont émis des recommandations générales qui peuvent servir de point de départ pour bâtir un plan nutritionnel adapté à un ultramarathon (tableau 6). Mentionnons que la consommation d'un mélange de glucides (glucose, fructose, maltodextrines, polymères de glucose, etc.) à raison de 90 g/h pendant l'effort pourrait améliorer la performance (4).

22 Conclusion

Il semble qu'un régime pauvre en glucides et riche en lipides ne comporte pas d'avantage sur le plan de la performance comparativement à un régime riche en glucides. Même si le régime LCHF induit des changements métaboliques favorisant l'utilisation des lipides comme source d'énergie, les données probantes ne démontrent pas que ces adaptations métaboliques favorisent la performance. De plus, l'oxydation des lipides aurait des effets néfastes lors des efforts à intensité élevée. Par contre, il est possible de profiter des adaptations métaboliques en optant pour une stratégie de périodisation de la consommation de glucides lors des entraînements. L'athlète aurait avantage à faire appel à une équipe interdisciplinaire d'entraîneurs, de kinésiologues et de diététistes-nutritionnistes qui collaborent pour développer une stratégie commune optimale pour les entraînements et lors des compétitions selon les besoins spécifiques de l'athlète et les particularités des événements. ■

Références

Les hyperliens insérés dans les références ci-dessous exigent parfois que vous deviez les « copier-coller » dans la barre de recherche de votre navigateur.

- Ronto P. The State of Ultra Running 2020 (en ligne); 2020 (cité le 20 octobre 2020). Disponible: <https://runrepeat.com/state-of-ultra-running>
- Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, Chapman S, Pinto JM, Smith L, et al. Nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):1-23
- Costa RJS, Knechtle B, Tarnopolsky M, Hoffman MD. Nutrition for ultramarathon running: Trail, track, and road. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(2):130-40.
- Thomas DT, Erdman KA, & Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2016;48(3):543-68.
- Costa RJS, Swanscott AJM, Gill S, Hankey J, Scheer V, Murray A et al. Compromised energy and macronutrient intake of ultra-endurance runners during a multi-stage ultra-marathon conducted in a hot ambient environment. *International Journal of Sports Sciences.* 2013a;3(2):51-62.
- Britton R, Dempster S, Moore JP, & Costa RJS. The use of triaxial accelerometry to support dietary intervention during a multi-stage mountain ultra-marathon: A case study approach. *Journal of Sport Science.* 2011; 29(Suppl 2), S132.
- Costa RJS, Gill SK, Hankey J, Wright A, & Marczak S. Perturbed energy balance and hydration status in ultra-endurance runners during a 24 h ultra-marathon. *British Journal of Nutrition.* 112(3):428-37.
- Stuempfle KJ, Hoffman MD, Weschler LB, Rogers IR, & Hew-Butler T. Race diet of finishers and non-finishers in a 100 mile (161 km) mountain footrace. *Journal of the American College of Nutrition.* 30(6):529-35.
- Glance BW, Murphy CA, & McHugh MP. (2002a). Food intake and electrolyte status of ultramarathoners competing in extreme heat. *Journal of the American College of Nutrition.* 2002a; 21(6):553-9.
- Fornasiero A, Savoldelli A, Fruet D, Boccia G, Pellegrini B, & Schena F. Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon. *Journal of Sports Sciences.* 2018; 36(11):1287-95.
- Cheuvront SN, & Haymes EM. Thermoregulation and marathon running: biological and environmental influences. *Sports Medicine.* 2001; 31(10):743-62.
- Blanchard M. & Lachance J. Plan d'entraînement Ultra-Trail Harricana du Canada (en ligne). Unis pour le sport United for Sport; 2020 (cité le 18 octobre 2020). Disponible: <https://www.unispourlesport.com/plan-gratuit-pdf/uthc-2?id=1Ghd8xSatIC6LXNbOAb8oJ9nGU-JYUqThP>
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes: energy, carbohydrates, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington: National Academies Press; 2002.
- Oh R, Gilani B, Uppaluri KR. Low Carbohydrate Diet. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; July 9, 2020.
- Phinney SD, Bistrian BR, Evans WJ, Gervino E, Blackburn GL. The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: Preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism [Internet].* 1983;32(8):769-76. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0026049583901063>
- Volek JS, Freidenreich DJ, Saenz C, Kunces LJ, Creighton BC, Bartley JM, et al. Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. *Metabolism [Internet].* 2016;65(3):100-10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2015.10.028>
- Burke LM, Ross ML, Garvican-Lewis LA, Welvaert M, Heikura IA, Forbes SG, et al. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *J Physiol.* 2017;595(9):2785-807.
- Burke LM, Sharma AP, Heikura IA, Forbes SF, Holloway M, McKay AKA, Bone JL, Leckey JJ, Welvaert M & Ross ML. Crisis of confidence averted: Impairment of exercise economy and performance in elite race walkers by ketogenic Low Carbohydrate, High Fat (LCHF) diet is reproducible. *PLoS One.* 2020;15(6):e0234027.
- Shaw DM, Merien F, Braakhuis A, Maunder E & Dulson DK. Effect of a ketogenic diet on submaximal exercise capacity and efficiency in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2019; 51(10):2135-46.
- Prins PJ, Noakes TD, Welton GL, Haley SJ, Esbensen NJ, Atwell AD, Scott KE, Abraham J, Raabe AS, Buxton JD, & Ault DL. High rates of fat oxidation induced by a low-carbohydrate, high-fat diet, do not impair 5-km running performance in competitive recreational athletes. *J Sports Sci Med.* 2019; 18(4):738-50.
- Erlenbusch M, Haub M, Munoz K, MacConnie S, Stillwell B. Effect of high-fat or high-carbohydrate diets on endurance exercise: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Feb;15(1):1-14.
- Costa RJS, Hoffman MD, & Stellingwerff T. Considerations for ultra-endurance activities: part 1 – nutrition. *Res Sports Med.* 2019; 27(2):166-181.
- Baar K, McGee S. Optimizing training adaptations by manipulating glycogen. *Eur J Sport Sci.* 2008;8(2):97-106.
- Hansen AK, Fischer CP, Plomgaard P, Andersen JL, Saltin B, Pedersen BK. Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. *J Appl Physiol.* 2005;98(1):93-9.