

## Nutrition dans des conditions extrêmes : altitude, chaleur, froid

**Les athlètes doivent être capables de s'adapter à tout moment à des conditions extérieures changeantes. L'entraînement et les compétitions dans des conditions extrêmes, telles que la chaleur, le froid ou l'altitude, nécessitent certaines adaptations physiologiques afin d'optimiser les adaptations physiques à l'entraînement et la performance dans ces conditions. Ces aspects seront abordés plus en détail dans ce Hot Topic.**

### Nutrition en altitude

En altitude, il y a une chute de la pression barométrique et donc une réduction de la disponibilité de l'oxygène. Plus on monte en altitude, plus ce phénomène est prononcé. Le corps tente de compenser ce phénomène en augmentant la respiration, la fréquence cardiaque et donc la sensation d'effort, même en cas de faible manque d'oxygène. Il a été démontré que cela augmente la consommation de glucides en tant que source d'énergie primaire à partir d'une altitude de 3000 m<sup>1</sup>. Dans les premiers jours suivant l'ascension en altitude, il y a une élimination accrue de liquide et donc une perte de volume sanguin. Il a cependant été démontré à plusieurs reprises qu'un séjour de 2 à 3 semaines en altitude (généralement entre 1600 et 2400 m) augmente la production de globules rouges et améliore ainsi le volume sanguin et le transport d'oxygène<sup>2</sup>. C'est l'effet souhaité d'un camp d'entraînement en altitude, qui conduit finalement à une amélioration des performances en altitude. Pour que le corps puisse procéder aux adaptations souhaitées, il est nécessaire d'adapter l'alimentation.

En altitude, par exemple, le besoin en liquide est plus élevé en raison de l'air généralement sec et froid et de la fréquence respiratoire plus rapide. Un manque de liquide peut par exemple entraîner des maux de tête. Il est recommandé de boire suffisamment de liquide tout au long de la journée. La quantité de liquide est plus élevée que la quantité habituelle au niveau de la mer (ou du lieu de résidence). Toutefois, il semble difficile de formuler une recommandation explicite en raison de divers facteurs (altitude, intensité et durée de l'effort, conditions environnementales (température, humidité)). Un outil simple permettant de vérifier l'état d'hydratation optimal : la coloration ou la mesure de la densité de l'urine du matin.

La consommation d'énergie au repos augmente en altitude<sup>3,4</sup>, mais la régulation de l'appétit est simultanément diminuée. Par conséquent, l'apport énergétique est souvent insuffisant. Cela peut conduire à des adaptations limitées de l'entraînement et à une perte de poids indésirable. Surtout si l'on considère que dans les camps d'entraînement en altitude, on s'entraîne généralement avec un volume plus élevé et que les besoins énergétiques sont donc déjà plus importants.

Comme nous l'avons déjà mentionné, la consommation de glucides et donc les besoins en glucides augmentent en altitude<sup>4</sup>. Il est donc recommandé de consommer des aliments riches en glucides lors des repas principaux mais aussi des collations.

Il existe peu d'études qui ont examiné la synthèse des protéines musculaires en altitude. Les modèles animaux montrent une tendance à une diminution de la construction musculaire<sup>5</sup>. En altitude, un apport énergétique et protéique approprié est important. Pour soutenir la synthèse des protéines musculaires

et à des fins de récupération, il est recommandé de consommer régulièrement (4 à 6 fois) des portions de protéines de 20 à 30 g réparties sur la journée et d'éviter un bilan énergétique négatif.

En raison de la perte d'appétit en haute altitude (> 3000 m), les aliments très denses en énergie ou contenant des graisses peuvent être bénéfiques. Chez les alpinistes en particulier, le rapport entre le poids des aliments et leur teneur en énergie doit être optimal (ex. : noix, chocolat, etc.). De tels aliments peuvent également aider les athlètes dont l'appétit est diminué à couvrir leurs besoins énergétiques.

En raison d'une production accrue de globules rouges, le fer devient également un facteur limitant en altitude (pour plus d'informations, voir le Hot Topic «Carence en fer») <sup>6</sup>. Les athlètes qui se rendent à un camp d'entraînement en altitude avec un taux de fer trop bas peuvent développer une carence en fer. Il est donc recommandé de contrôler les réserves de fer 4 à 10 semaines avant le camp d'entraînement afin de combler une éventuelle carence avant le séjour en altitude <sup>6,7</sup>. Pendant et après le camp d'entraînement en altitude, il peut également être utile de contrôler les réserves de fer, voire de prendre une supplémentation en fer <sup>6</sup>. Dans tous les cas, il convient d'être accompagné par un médecin du sport. En altitude, les carences en vitamine D peuvent également être plus fréquentes. Cela pourrait avoir des conséquences sur la fonction musculaire et immunitaire et donc influencer négativement l'entraînement en altitude. Là aussi, il vaut la peine de vérifier le taux de vitamine D et de prendre une éventuelle supplémentation.

Les suppléments, tels que le nitrate/jus de betterave, peuvent avoir une influence positive sur les performances en altitude. Le nitrate/jus de betterave peut réduire la consommation d'oxygène pour une même performance et aide ainsi à faire face à la réduction de la disponibilité de l'oxygène en altitude <sup>8</sup> (voir la fiche d'information sur le nitrate dans le Guide des suppléments).

### Nutrition dans la chaleur

Des conditions environnementales extrêmement chaudes peuvent augmenter non seulement le stress physiologique, mais aussi le stress psychologique lié à l'effort sportif. D'innombrables publications ont montré une diminution des performances en cas de chaleur <sup>9</sup>. En revanche, l'entraînement sous la chaleur peut être utilisé non seulement dans le sens d'une acclimatation aux conditions ambiantes, mais aussi comme entraînement efficace pour augmenter la masse d'hémoglobine <sup>10</sup>.

Dans des conditions chaudes (et humides), notre corps n'a pas seulement besoin du sang pour transporter l'oxygène vers les muscles. Il en a également besoin pour refroidir le corps. Cela entraîne toutefois une fatigue plus rapide et une augmentation progressive de la température corporelle centrale <sup>9</sup>. Les pertes sudorales extrêmes entraînent une diminution du volume sanguin, ce qui limite le refroidissement du corps et les performances <sup>11</sup>. Chez les femmes, il faut également tenir compte du cycle menstruel et de l'influence sur la température corporelle centrale en cas de chaleur <sup>12</sup>.

Par rapport à d'autres conditions environnementales telles que l'altitude ou le froid, la chaleur ne semble pas affecter la consommation d'énergie au repos<sup>13</sup>. Il arrive cependant que les athlètes consomment moins d'énergie que nécessaire et provoquent ainsi un déficit énergétique. Ainsi, même dans des conditions de chaleur, une perte de poids rapide peut se produire en quelques jours.

L'hydratation est l'un des thèmes les plus étudiés et les plus importants dans le domaine de l'alimentation en cas de chaleur (et d'humidité élevée). La plupart du temps, on ne donne pas de recommandations générales en matière de boisson, mais on mesure le taux de transpiration (voir le calculateur de quantité de boisson) ainsi que la perte de sel pendant l'effort. Sur la base de ces données, il est possible de formuler des recommandations individuelles sur la manière de boire afin de mieux supporter la chaleur. Une augmentation préalable du volume plasmatique par des mesures alimentaires ciblées (p. ex. chargement en sel, glycérol) peut également aider à avoir suffisamment de liquide dans le corps pendant la compétition<sup>11,14</sup>. Par ailleurs, la reconstitution de l'équilibre hydrique après un effort est un facteur central de l'entraînement et de la compétition en cas de chaleur. L'utilisation de boissons contenant des glucides permet de reconstituer les réserves de glucides. Les boissons froides ou les glaçons juste avant ou pendant l'effort sont une stratégie possible pour hydrater le corps et, dans le cas des glaçons, pour augmenter l'évacuation de la chaleur corporelle<sup>15</sup>. L'apport de menthol peut également avoir une influence sur la sensation subjective<sup>16</sup>. On suppose que les récepteurs qui donnent au corps la sensation qu'il fait moins chaud sont activés.

Sous l'effet de la chaleur, les hydrates de carbone sont davantage utilisés comme source d'énergie et le métabolisme des graisses est réduit<sup>17</sup>. Les recommandations actuelles concernant l'apport en hydrates de carbone continuent toutefois de se baser sur la durée et l'intensité de l'effort plutôt que sur les conditions ambiantes.

Comme en altitude, il est possible que la synthèse des protéines musculaires soit réduite par la chaleur<sup>18,19</sup>. Il est donc recommandé de consommer suffisamment de protéines (20-25 g) pendant la phase de récupération ou après une séance d'entraînement, en plus d'un apport en protéines couvrant les besoins tout au long de la journée.

L'utilisation de suppléments en période de chaleur a été peu étudiée jusqu'à présent. Certaines études ont montré que la supplémentation en caféine, par exemple, avait parfois des effets d'amélioration des performances et parfois aucun effet<sup>20-22</sup>. En outre, la performance sportive dans des conditions chaudes semble réduire l'effet des suppléments. C'est le cas du nitrate ou de la caféine<sup>23</sup>. Des études supplémentaires sont nécessaires pour mieux étudier l'effet de divers suppléments en cas de chaleur. Le glycérol est un supplément utilisé pour augmenter le volume plasmatique avant la compétition/l'entraînement<sup>24</sup>. Son utilisation semble permettre de prévenir la déshydratation pendant la compétition<sup>25</sup>.

En cas de compétition par forte chaleur, il est recommandé de s'adapter préalablement à ces conditions environnementales

particulières par une phase d'acclimatation de 2 à 3 semaines. Une alimentation saine et équilibrée ainsi qu'une hydratation suffisante semblent être les facteurs les plus importants pour s'habituer à ces nouvelles conditions<sup>26,27</sup>.

## Nutrition dans le froid

Le séjour dans un environnement froid peut avoir des effets négatifs sur nos voies respiratoires. Les engelures et l'hypothermie sont également des symptômes fréquents de ces conditions environnementales extrêmes. Les athlètes ayant un faible taux de graisse corporelle et une masse musculaire réduite ou des réserves de glucides limitées dans les muscles semblent plus susceptibles de souffrir d'hypothermie<sup>28</sup>. Les sportifs d'hiver essaient naturellement de contrer ces conditions en portant des vêtements adaptés. Cependant, une transpiration excessive et le fait de ne pas laisser sécher les vêtements mouillés peuvent rapidement entraîner une hypothermie. Dans le froid, il est donc important de maintenir l'équilibre hydrique et de lutter contre une baisse du statut hydrique. Chez les jeunes athlètes en particulier, le maintien d'un niveau d'hydratation suffisant en altitude combiné au froid semble être un défi<sup>29</sup>.

Les besoins énergétiques au repos peuvent également augmenter dans des conditions de froid extrême<sup>30</sup>. Cette augmentation des besoins énergétiques est attribuée à une production excessive de chaleur, mais aussi à une consommation accrue de glucides. En cas d'apport énergétique inadéquat, la production de chaleur peut être affectée, ce qui constitue le début d'une hypothermie. Il est donc recommandé d'augmenter l'apport en liquides et en glucides par rapport aux conditions quotidiennes. La consommation d'aliments ou de boissons chauds peut également aider à se sentir mieux et à réchauffer le corps. Selon une étude récente, il semble qu'il soit plus facile d'augmenter l'apport énergétique dans le froid que dans la chaleur.

## Conclusion : l'alimentation dans des conditions extrêmes

Que l'on se rende en altitude, dans la chaleur ou dans le froid, il est recommandé de se familiariser au préalable avec les conditions environnementales extrêmes et de bien planifier cela. C'est la seule façon de garantir que le corps s'adapte de manière optimale aux nouvelles conditions et que le stimulus d'entraînement optimal ou la performance maximale puisse être atteint dans des conditions difficiles. Il est également recommandé d'envisager d'éventuelles modifications de l'alimentation et d'en discuter au préalable avec un/e spécialiste.

Auteur : Dr. Joëlle Flück, Présidente SSNS

Date : Novembre 2022, Version 2.0

Validité : Décembre 2025

## Littérature

1. Berglund B. High-altitude training. Aspects of haematological adaptation. *Sports Med.* Nov 1992;14(5):289-303. doi:10.2165/00007256-199214050-00002
2. Gore CJ, Sharpe K, Garvican-Lewis LA, et al. Altitude training and haemoglobin mass from the optimised carbon monoxide rebreathing method determined by a meta-analysis. *Br J*

- Sports Med.* Dec 2013;47 Suppl 1:i31-9. doi:10.1136/bjsports-2013-092840
3. Butterfield GE, Gates J, Fleming S, Brooks GA, Sutton JR, Reeves JT. Increased energy intake minimizes weight loss in men at high altitude. *J Appl Physiol* (1985). May 1992;72(5):1741-8. doi:10.1152/jappl.1992.72.5.1741
  4. Hill NE, Stacey MJ, Woods DR. Energy at high altitude. *Journal of the Royal Army Medical Corps.* Mar 2011;157(1):43-8.
  5. Brugarolas J, Lei K, Hurley RL, et al. Regulation of mTOR function in response to hypoxia by REDD1 and the TSC1/TSC2 tumor suppressor complex. *Genes Dev.* Dec 1 2004;18(23):2893-904. doi:10.1101/gad.1256804
  6. Stellingwerff T, Peeling P, Garvican-Lewis LA, et al. Nutrition and Altitude: Strategies to Enhance Adaptation, Improve Performance and Maintain Health: A Narrative Review. *Sports Med.* Nov 6 2019;doi:10.1007/s40279-019-01159-w
  7. Bergeron MF, Bahr R, Bartsch P, et al. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. *Br J Sports Med.* Sep 2012;46(11):770-9. doi:10.1136/bjsports-2012-091296
  8. Shannon OM, McGawley K, Nyback L, et al. "Beet-ing" the Mountain: A Review of the Physiological and Performance Effects of Dietary Nitrate Supplementation at Simulated and Terrestrial Altitude. *Sports Med.* Nov 2017;47(11):2155-2169. doi:10.1007/s40279-017-0744-9
  9. Nybo L, Rasmussen P, Sawka MN. Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Compr Physiol.* Apr 2014;4(2):657-89. doi:10.1002/cphy.c130012
  10. Rønnestad BR, Urianstad T, Hamarstrand H, et al. Heat Training Efficiently Increases and Maintains Hemoglobin Mass and Temperate Endurance Performance in Elite Cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 09 01 2022;54(9):1515-1526. doi:10.1249/MSS.0000000000002928
  11. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA. Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* Apr 2001;128(4):679-90.
  12. Giersch GEW, Morrissey MC, Katch RK, et al. Menstrual cycle and thermoregulation during exercise in the heat: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport.* Dec 2020;23(12):1134-1140. doi:10.1016/j.jsams.2020.05.014
  13. Burke LM. Nutritional needs for exercise in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* Apr 2001;128(4):735-48. doi:10.1016/s1095-6433(01)00279-3
  14. Racinais S, Alonso JM, Coutts AJ, et al. Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Br J Sports Med.* Sep 2015;49(18):1164-73. doi:10.1136/bjsports-2015-094915
  15. Stevens CJ, Taylor L, Dascombe BJ. Cooling During Exercise: An Overlooked Strategy for Enhancing Endurance Performance in the Heat. *Sports Med.* May 2017;47(5):829-841. doi:10.1007/s40279-016-0625-7
  16. Jeffries O, Waldron M. The effects of menthol on exercise performance and thermal sensation: A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* Jun 2019;22(6):707-715. doi:10.1016/j.jsams.2018.12.002
  17. Jeukendrup AE. Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochem Soc Trans.* Dec 2003;31(Pt 6):1270-3. doi:10.1042/bst0311270
  18. Febbraio MA. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Med.* 2001;31(1):47-59. doi:10.2165/00007256-200131010-00004
  19. Snow RJ, Febbraio MA, Carey MF, Hargreaves M. Heat stress increases ammonia accumulation during exercise in humans. *Exp Physiol.* Nov 1993;78(6):847-50.
  20. Pitchford NW, Fell JW, Leveritt MD, Desbrow B, Shing CM. Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat. *J Sci Med Sport.* Jul 2014;17(4):445-9. doi:10.1016/j.jsams.2013.07.004
  21. Beaumont RE, James LJ. Effect of a moderate caffeine dose on endurance cycle performance and thermoregulation during prolonged exercise in the heat. *J Sci Med Sport.* Nov 2017;20(11):1024-1028. doi:10.1016/j.jsams.2017.03.017
  22. Roelands B, Buyse L, Pauwels F, Delbeke F, Deventer K, Meeusen R. No effect of caffeine on exercise performance in high ambient temperature. *Eur J Appl Physiol.* Dec 2011;111(12):3089-95. doi:10.1007/s00421-011-1945-9
  23. Peel JS, McNarry MA, Heffernan SM, Nevola VR, Kilduff LP, Waldron M. The Effect of Dietary Supplements on Endurance Exercise Performance and Core Temperature in Hot Environments: A Meta-analysis and Meta-regression. *Sports Med.* 11 2021;51(11):2351-2371. doi:10.1007/s40279-021-01500-2
  24. Latzka WA, Sawka MN. Hyperhydration and glycerol: thermoregulatory effects during exercise in hot climates. *Can J Appl Physiol.* Dec 2000;25(6):536-45.
  25. van Rosendal SP, Osborne MA, Fassett RG, Coombes JS. Guidelines for glycerol use in hyperhydration and rehydration associated with exercise. *Sports Med.* Feb 1 2010;40(2):113-29. doi:10.2165/11530760-000000000-00000
  26. Chevront SN, Kenefick RW. Personalized fluid and fuel intake for performance optimization in the heat. *J Sci Med Sport.* Aug 2021;24(8):735-738. doi:10.1016/j.jsams.2021.01.004
  27. McCubbin AJ, Allanson BA, Caldwell Odgers JN, et al. Sports Dietitians Australia Position Statement: Nutrition for Exercise in Hot Environments. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* Jan 01 2020;30(1):83-98. doi:10.1123/ijnsnem.2019-0300
  28. Castellani JW, Young AJ, Ducharme MB, Giesbrecht GG, Glickman E, Sallis RE. American College of Sports Medicine position stand: prevention of cold injuries during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* Nov 2006;38(11):2012-29. doi:10.1249/01.mss.0000241641.75101.64
  29. Arenhouts D, Chapelle L, Clarys P, Zinzen E. Hydration Status in Adolescent Alpine Skiers During a Training Camp. *J Hum Kinet.* Jul 2021;79:55-63. doi:10.2478/hukin-2021-0062
  30. Ocobock C. Human energy expenditure, allocation, and interactions in natural temperate, hot, and cold environments. *Am J Phys Anthropol.* Dec 2016;161(4):667-675. doi:10.1002/ajpa.23071
  31. Millet J, Siracusa J, Tardo-Dino PE, et al. Effects of Acute Heat and Cold Exposures at Rest or during Exercise on Subsequent Energy Intake: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* Sep 28 2021;13(10)doi:10.3390/nu13103424