

Nutrition dans des conditions extrêmes : altitude, chaleur, froid

Les athlètes doivent être capables de s'adapter à tout moment à des conditions extérieures changeantes. S'entraîner ou participer à des compétitions dans des conditions extrêmes telles que le froid, la chaleur ou l'altitude est un défi pour le corps. Il essaie de s'y adapter après un certain temps passé dans ces conditions. Cela demande du temps, mais aussi des mesures importantes dans le domaine de l'alimentation. Les aspects qui requièrent une attention particulière sont abordés 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. La capacité de performance dans le domaine de l'endurance est réduite en altitude. En outre, il a été démontré qu'à partir d'une altitude de 3000 m, la consommation de glucides est accrue et constitue la source d'énergie primaire ¹.

Dans les premiers jours suivant l'ascension en altitude, l'élimination de liquide par l'urine est plus importante, ce qui entraîne une perte de volume sanguin. Pendant le séjour de 2 à 3 semaines en altitude (généralement entre 1600 et 2400 m), la production de globules rouges est stimulée, ce qui augmente le volume sanguin et le transport d'oxygène ². 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 et l'hydratation.

En altitude, les besoins en liquide sont plus élevés en raison de l'air généralement sec et froid et de la fréquence respiratoire plus rapide. Si cela entraîne un manque de liquide, cela peut provoquer des maux de tête. Il est recommandé de boire suffisamment tout au long de la journée. La quantité de liquide est alors supérieure à 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 telles que la température et l'humidité). Un outil simple permettant de vérifier un état d'hydratation optimal peut être utilisé dans la pratique au moyen de l'examen de la coloration ou de la mesure de la densité de l'urine matinale. En outre, il vaut la peine de vérifier la quantité de sueur et de boisson pendant l'entraînement. Cela permet de déterminer plus facilement et plus précisément la quantité de liquide nécessaire à la réhydratation.

La dépense énergétique au repos augmente en altitude ^{3,4}, la régulation de l'appétit est simultanément supprimée. Celle-ci est d'autant plus prononcée que l'on monte en altitude (à partir de 2500 mètres). En conséquence, l'apport énergétique est souvent insuffisant en altitude. Cela peut conduire à des adaptations limitées de l'entraînement et à une perte de poids indésirable, ceci d'autant plus si on dort et s'entraîne en altitude. De plus, dans les camps d'entraînement en altitude, on s'entraîne généralement avec un volume plus important, ce qui augmente de toute façon les besoins énergétiques par rapport

à l'entraînement quotidien à la maison. En altitude, il est donc important que l'apport énergétique couvre les besoins et soit adapté à la charge d'entraînement. Dans le cas contraire, le camp d'entraînement risque de se solder par un surentraînement plutôt que par un bénéfice.

L'apport en glucides est particulièrement important. Comme nous l'avons déjà mentionné, la consommation de glucides, et donc les besoins en glucides, augmentent en altitude ⁴. Il est recommandé de consommer des aliments riches en glucides lors des repas principaux mais aussi des collations. De plus, il faut veiller à ce que les unités d'entraînement d'une durée de 60 minutes ou plus soient effectuées avec un apport en glucides. Plus l'entraînement est important et intense, plus cet aspect est important, notamment en ce qui concerne le maintien de la fonction immunitaire, les adaptations de l'entraînement et l'augmentation du volume sanguin.

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 ⁵. En altitude, un apport énergétique et protéique adéquat est important. Pour soutenir la synthèse des protéines musculaires et à des fins de récupération, il est recommandé de consommer régulièrement des portions de 20 à 30 g de protéines tout au long de 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 coupé 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 Hot Topic Carence en fer) ⁶. 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 ^{6,7}. Pendant le séjour en altitude, une supplémentation en fer est recommandée malgré un taux de ferritine normal ⁶. Cette supplémentation devrait dans tous les cas être accompagnée par un médecin du sport et assurer la disponibilité du fer pour la formation de nouveaux globules rouges. Les carences en vitamine D peuvent également être plus fréquentes en altitude. Cela pourrait avoir des conséquences sur le fonctionnement des muscles et de l'immunité, 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 avant ou pendant le séjour en altitude.

Des suppléments tels que le nitrate/jus de betterave pourraient éventuellement avoir une influence positive sur la performance 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 ⁸ (voir la fiche d'information sur le nitrate dans le Guide

des suppléments). On dispose toutefois encore de très peu de données à ce sujet dans le sport de compétition.

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 chaleur⁹. En revanche, l'entraînement à la chaleur peut être utilisé non seulement dans le sens d'une acclimatation aux conditions ambiantes, mais aussi comme entraînement efficace pour augmenter le volume de plasma et éventuellement la masse d'hémoglobine¹⁰.

Dans des conditions environnementales chaudes (et humides), la transpiration est l'une des principales méthodes de refroidissement du corps pour éviter la surchauffe. Cependant, des pertes de sueur accrues sur une longue période entraînent une fatigue rapide et une augmentation de la température corporelle centrale⁹. Des pertes de sueur extrêmes entraînent une diminution du volume sanguin, ce qui réduit le refroidissement du corps et les performances, voire provoque un stress thermique extrême ou une déshydratation¹¹. Chez les femmes, il faut également tenir compte du cycle menstruel et de l'influence sur la température corporelle centrale en cas de chaleur¹².

Par rapport à d'autres conditions environnementales telles que l'altitude ou le froid, la chaleur ne semble pas affecter la dépense énergétique au repos¹³. Cependant, à l'effort, le métabolisme des glucides est également augmenté dans des conditions chaudes. Il arrive donc que les athlètes consomment moins d'énergie que nécessaire et se retrouvent ainsi en déficit énergétique.

Dans des conditions chaudes ou humides, le maintien d'un équilibre hydrique optimal est essentiel. Comme nous l'avons déjà mentionné, les liquides sont utilisés pour refroidir le corps. Pendant la phase d'adaptation (p. ex. acclimatation) à des conditions extrêmes, le taux de transpiration augmente également. Cela signifie que l'apport en liquide doit être adapté afin d'éviter les déficits. En particulier dans des conditions très humides, la perte de liquide au quotidien (p. ex. en dehors de l'entraînement) peut être énorme. En plus de l'apport de liquide, l'apport de sodium est également important pour rééquilibrer le taux de sel. La plupart du temps, on ne donne pas de recommandations générales en matière de boisson, mais on mesure le taux de transpiration (voir calculateur de quantité de boisson) ainsi que la perte de sel pendant l'effort. Sur la base de ces données, il est possible d'établir des recommandations individuelles concernant la consommation d'eau. Une augmentation préalable du volume plasmatique par des mesures alimentaires ciblées (p. ex. chargement en sel, supplémentation en glycérol) peut également aider à avoir suffisamment de liquide dans le corps pendant la compétition^{11,14}. Cela dépend toutefois aussi du type de compétition, car une telle augmentation du volume plasmatique entraîne une augmentation du poids. L'utilisation de boissons contenant des glucides permet également de reconstituer les réserves de glucides. Par ailleurs, la compensation du déficit hydrique après un effort est un facteur central de l'entraînement et de la compétition lors de chaleur.

Les boissons froides ou les glaçons immédiatement avant ou pendant l'effort sont des stratégies possibles en cas de chaleur pour mieux supporter psychologiquement la chaleur et, dans le cas des glaçons, pour augmenter l'évacuation de la chaleur corporelle¹⁵. L'apport de menthol peut également avoir une in-

fluence sur la sensation subjective¹⁶. On suppose que les récepteurs qui donnent au corps la sensation d'avoir moins chaud sont sollicités.

Sous l'effet de la chaleur, les glucides sont davantage utilisés comme source d'énergie et le métabolisme des graisses est réduit¹⁷. Les recommandations actuelles en matière d'apport en glucides restent toutefois axées sur la durée et l'intensité de l'effort sportif plutôt que sur les conditions environnementales.

Comme en altitude, il est possible que la synthèse des protéines musculaires soit réduite en cas de chaleur^{18,19}. Il est donc recommandé, en plus d'un apport en protéines couvrant les besoins tout au long de la journée (1,6 à 2,0 g de protéines par jour), de consommer suffisamment de protéines (20-30 g) pendant la phase de récupération ou après une unité de force.

L'utilisation de suppléments en cas 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 effet²⁰⁻²². Il est même possible que les effets du nitrate ou de la caféine soient réduits par la chaleur²³. Des études supplémentaires sont nécessaires pour examiner encore mieux l'effet de divers suppléments en cas de chaleur. Le glycérol et le sel sont des suppléments utilisés pour augmenter le volume plasmatique avant la compétition/l'entraînement²⁴. Cela permet éventuellement de réduire la déshydratation pendant la compétition²⁵.

La mesure de loin la plus importante pour améliorer les performances lors d'une compétition sous la chaleur est toutefois 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'un apport suffisant en hydrates de carbone, en liquide et en sel sont les facteurs les plus importants pour s'habituer aux nouvelles conditions et ne pas surmener le corps^{26,27}. Une bonne gestion de l'effort est également décisive.

Nutrition dans le froid

Le séjour dans un environnement froid peut avoir des effets négatifs sur nos voies respiratoires. Les gelures et l'hypothermie sont également des symptômes du froid extrême. 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'hypothermie²⁸. Les sportifs essaient bien sûr 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.

Même dans le froid, il est important de maintenir le niveau d'hydratation et de lutter contre la déshydratation. Chez les jeunes athlètes en particulier, le maintien d'un niveau d'hydratation suffisant en altitude et dans le froid semble être un défi²⁹. De plus, la sensation de soif diminue dans le froid. Il est également fréquent d'essayer d'éviter d'aller aux toilettes en raison de la disponibilité des toilettes et de l'équipement. Pour ces raisons, un déficit en liquide est souvent accepté. Une eu-hydratation avant l'entraînement et une bonne réhydratation sont donc particulièrement importantes dans le froid.

Les besoins énergétiques au repos peuvent être augmentés dans des conditions de froid extrême³⁰. Cette augmentation des besoins énergétiques est attribuée d'une part à la fourniture excessive d'énergie pour maintenir la température centrale du corps (entre autres les tremblements dus au froid), mais aussi à la consommation accrue de glucides. En cas d'apport

énergétique inadéquat, la production de chaleur peut être compromise, ce qui peut signifier le début d'une hypothermie. Il est donc recommandé d'augmenter légèrement 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. De plus, les conditions de ravitaillement sont plus difficiles dans le froid. Les boissons, les gels ou les barres peuvent geler. Selon une étude récente, il semble néanmoins qu'il soit plus facile d'augmenter l'apport énergétique dans le froid que dans la chaleur³¹. Un concept de ravitaillement bien pensé est donc nécessaire pour pouvoir garantir un ravitaillement continu, même dans des conditions de froid. Il vaut la peine de tester le stockage du ravitaillement de manière à éviter la congélation des aliments et des boissons. De plus, la préparation, comme la pré-hydratation, doit être bien planifiée. Après l'effort, il convient de reconstituer immédiatement les réserves d'énergie et de s'hydrater suffisamment en buvant des boissons chaudes.

Ces boissons peuvent être stockées dans des bouteilles thermos dans les vestiaires.

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 2025, Version 3.0

Validité : Décembre 2028

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, Hamarsland 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. Cheuvront 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/ijsnem.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. Aerenhouts 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