

**Zeitschrift:** Macolin : revue mensuelle de l'École fédérale de sport de Macolin et Jeunesse + Sport  
**Band:** 52 (1995)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Séjour et entraînement en altitude : les effets sur l'organisme  
**Autor:** Hoppeler, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-997818>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Séjour et entraînement en altitude

### Les effets sur l'organisme

D<sup>r</sup> Hans Hoppeler, Institut d'anatomie de l'Université de Berne  
Traduction: Christine Martin

**L'entraînement en altitude et ses effets sur l'organisme soulèvent depuis des années une certaine controverse. Un tel entraînement est-il efficace? Il est très difficile de répondre globalement à cette question. Il convient notamment à cet égard de tenir compte de toute une série de facteurs qui interviennent de manière complexe et décident du succès ou de l'échec d'un camp d'entraînement en altitude.**

Il s'agit tout d'abord de savoir si un entraînement en altitude se rapporte à une compétition qui se déroule en altitude ou en plaine. Notons, à ce sujet, qu'un entraînement effectué dans des conditions semblables à celles rencontrées en compétition s'avère toujours judicieux. En d'autres termes, la majorité des spécialistes sont d'avis qu'un entraînement en altitude constitue en tout cas une bonne préparation pour une compétition amenée à se dérouler, elle aussi, en altitude. Le problème ne se pose alors que lorsque l'entraînement en altitude précède une compétition en plaine. Comme nous l'avons précisé plus haut, il n'est pas pos-

sible de fournir une réponse globale. Partant, j'aimerais aborder ci-après quelques-unes des conséquences techniques (afférentes à l'entraînement) et physiologiques d'un entraînement en altitude. Il incombera alors à chaque sportif ou entraîneur de noter, parmi la gerbe d'effets confirmés ou supposés, ceux qui lui semblent les plus appropriés à son cas. Il n'existe pas de recettes miracles. La réflexion ci-dessous part du principe qu'un entraînement en altitude devrait avoir une durée minimale de trois semaines. Ce temps, en effet, semble nécessaire pour déclencher dans le corps les processus d'adaptation souhaités.

### ” Conséquences techniques ”

Il convient de souligner qu'un séjour inhabituel en altitude ne va pas sans poser certaines contraintes à l'organisme. Il est, de ce fait, judicieux de le planifier de manière que l'entraînement commence par une phase de régénération. Le corps a besoin de plusieurs jours pour s'adapter à l'altitude. Les symptômes les plus souvent rencontrés sont *des troubles du sommeil, des maux de tête* et, considération peut-être moins importante pour des sportifs, une plus grande difficulté à supporter l'alcool. En règle générale, ces dérèglements sont d'autant plus importants que l'ascension est rapide et que la différence d'altitude est grande. J'ai moi-même constaté lors d'un voyage à La Paz (3800 m) qu'un saut direct à cette altitude avait influé sur mon bien-être et ma capacité subjective de performance pendant au moins une semaine.

Il importe, dans la conception de l'entraînement, de tenir compte du fait que la capacité d'endurance baisse considérablement en altitude. On peut partir du principe que la  $\dot{V}O_2$  max est réduite d'environ 15 pour cent à une altitude de 2000 m. Il est impossible en altitude de s'entraîner avec la même intensité et sur les mêmes distances qu'en plaine. Dans tou-

tes les disciplines où la technique joue un rôle important cela peut conduire à une dégradation du déroulement du mouvement. Ces observations ont surtout été faites lors du camp d'entraînement des rameurs (Thor Nielsen). L'une des solutions envisageables pour résoudre ce problème consiste à réduire les distances d'entraînement en altitude, et ce afin de conserver une intensité et des conditions techniques constantes.

L'un des aspects souvent négligés d'un tel entraînement en altitude est le fait que la température de l'air baisse avec l'altitude. Il importe, ainsi, de relever que dans le domaine de l'endurance justement, l'adaptation aux *conditions climatiques* de la compétition (température, humidité de l'air) est d'une importance primordiale. Il est inutile qu'un sportif optimise sa capacité de performance dans la fraîcheur de l'altitude, si c'est pour subir un coup de chaleur en compétition.

Il convient, en relation avec les performances d'endurance en altitude, d'accorder également une importance particulière à un autre aspect médical, à savoir l'œdème pulmonaire d'altitude. Voici en quoi cela consiste: suite à un effort en altitude, les poumons se remplissent d'eau, ce qui peut le cas échéant s'avérer mortel. Bien que rare en dessous de 3000 m, un œdème pulmonaire d'altitude peut survenir à partir de 2000 m chez les sujets à risques. Un essoufflement persistant accompagné d'une toux et de râles en sont souvent les symptômes.

N'oublions pas non plus qu'un entraînement en altitude peut, dans certaines circonstances, constituer également une bonne préparation mentale pour un sportif en vue d'une compétition importante. Selon la planification, l'environnement et les conditions, un entraînement en altitude peut être le petit plus qui fait la différence dans une bonne planification de saison, ou un désastre total.

## ” Conséquences physiologiques ”

Il existe toute une série de processus qui permettent à l'organisme de s'adapter à l'altitude. Le plus marquant d'entre eux est certainement l'augmentation de l'érythropoïétine, soit de l'hormone responsable de l'érythropoïèse (formation des globules rouges). L'augmentation de la teneur du sang en *érythrocytes* compense dans une certaine mesure la baisse, due à l'altitude, de l'oxygène dans l'air. Il est alors prouvé que si l'on redescend en plaine avec une teneur en sang élevée, la  $\dot{V}O_2$  max est plus élevée elle aussi. Dans l'ensemble, les altérations dues à un entraînement en altitude sont toutefois modestes et ne peuvent souvent pas être vérifiées par des méthodes statistiques. L'augmentation de l'érythro-



L'institut franco-bolivien de recherche en altitude à La Paz.

poïétine n'est pas liée à l'entraînement mais peut être constatée lors de tout séjour en altitude. Des études récentes tendent à démontrer qu'il faut un séjour d'au moins deux heures à une altitude de 5000 m pour augmenter de manière optimale le taux d'érythropoïétine (*Knaupp et al.*, Journal of Applied Physiology 73:837-840, 1992). De brèves expositions pendant un entraînement hypoxique ne suffisent pas pour obtenir des modifications du taux d'hémoglobine dans le sang. Il convient de souligner à cet égard qu'une augmentation du nombre de globules rouges s'accompagne d'un accroissement du volume sanguin et du risque d'épaississement du sang.

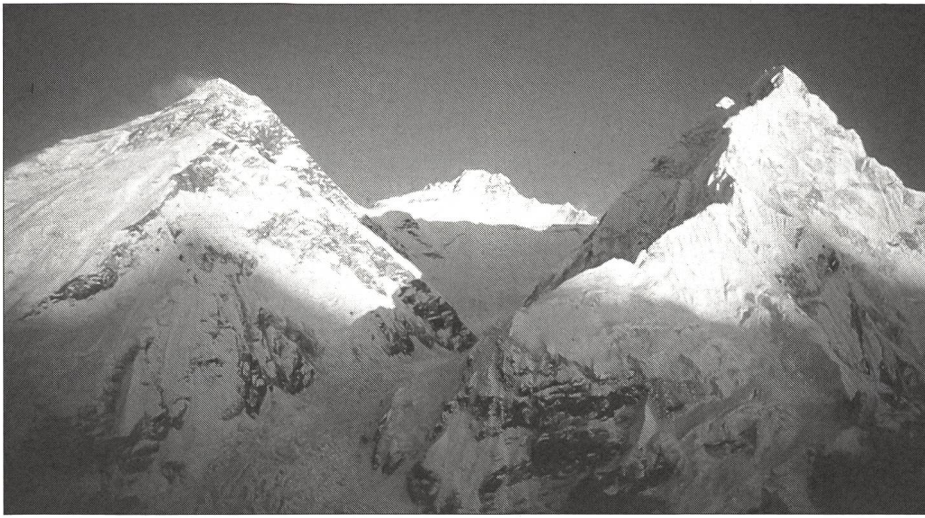
D'une manière générale, il semble se produire en altitude, au niveau du système nerveux central, une limitation de la disponibilité à la performance. On a ainsi remarqué qu'à très haute altitude, des sujets avaient l'impression subjective

d'être au maximum de leurs possibilités alors que les taux de lactates mesurés dans leur plasma étaient encore relativement faibles. Cette situation a été qualifiée par nombre d'auteurs de «*paradoxe lactique*». Cette étiologie ne semble toutefois pas entièrement garantie. Il convient cependant de souligner qu'un entraînement en altitude conduit le métabolisme à mettre plutôt l'accent sur l'oxydation du glucose et à faire passer l'oxydation des graisses au second plan.

Les effets sur la musculature d'une exposition continue en altitude sont souvent et partiellement contestés. Une chose est sûre néanmoins: la *capacité tampon* de la musculature squelettique est plus grande (voir, par exemple, *Mizuno et al.*, Journal of Applied Physiology 68:496-502, 1990). Partant, la capacité de sprint du sportif (capacité à supporter une acidification extrême) s'en trouve considérablement améliorée. Ce travail, qui a



Des tests sont pratiqués sur des indigènes de La Paz, habitués à vivre en altitude.



Deux sommets prestigieux: l'Himalaya et le Lhotse.

porté sur l'étude de skieurs de fond de la catégorie élite pendant deux semaines à une altitude de 2700 m, a toutefois également révélé que les effets sur la capacité oxydative de la musculature (teneur en mitochondries, par exemple) et l'approvisionnement des vaisseaux peuvent être différents d'un individu à l'autre. Notons que l'altitude et les conditions de préentraînement peuvent conduire à des résultats surprenants et difficiles à interpréter.

De nouvelles études, plus récentes, tendent à prouver que, contrairement à

d'anciennes hypothèses, à savoir qu'un entraînement à une altitude élevée mène à une augmentation des mitochondries musculaires et de la capillarisation, un séjour à une altitude élevée (expédition dans l'Himalaya) mène à une baisse massive de la capacité oxydative de la musculature, voire de la masse musculaire. L'augmentation de la capillarisation provient de la réduction du diamètre des fibres; les capillaires peuvent se resserrer (Hoppeler et al., International Journal of Sportsmedicine 11:3-9, 1990). Une altération de la composition des types de fi-

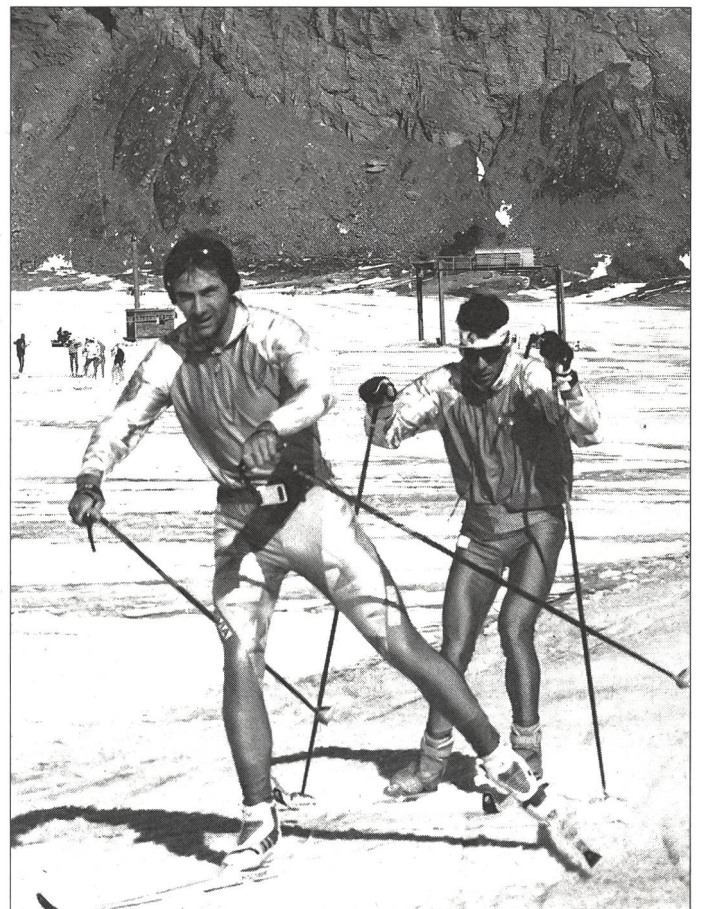
bres n'est toutefois pas observée. Des études supplémentaires ont révélé que ces altérations défavorables résultent vraisemblablement d'une hypoxie permanente. Celles-ci semblent occasionner une gêne au niveau des mécanismes de construction et de maintien des cellules musculaires. Si seul l'entraînement est effectué en hypoxie (artificielle) alors que le sportif, lui, séjourne en plaine, il en résulte non seulement une augmentation massive des mitochondries mais également du volume musculaire (Desplanches et al., Pflüger's Archiv 425:263-267, 1993). Ce dernier point n'est pas observé dans l'entraînement de l'endurance en normoxie. Si un entraînement est effectué à une altitude moyenne, soit à environ 2000 m, les aspects négatifs de l'hypoxie extrême ne devraient encore jouer aucun rôle.

D'un point de vue global, un entraînement en altitude débouche sur une série complexe de processus de régulation au niveau des systèmes de performance les plus divers de l'être humain. La connaissance de ces processus de régulation comporte cependant encore certaines lacunes. La conception technique de l'entraînement proprement dit semble toutefois souvent jouer un rôle plus important dans le succès ou l'échec d'un entraînement en altitude que les modifications d'ordre physiologique mesurables en laboratoire. ■

Un partenaire à toute épreuve.

**ALDER & EISENHUTAG**  
Fabrique d'engins de gymnastique et de sport

8700 Küsnacht ZH	9642 Ebnat-Kappel SG
Tél. 01/910 56 53	Tél. 074/3 24 24
Fax 01/910 57 10	Fax 074/3 24 03



Plusieurs facteurs décident du succès ou de l'échec d'un entraînement en altitude.