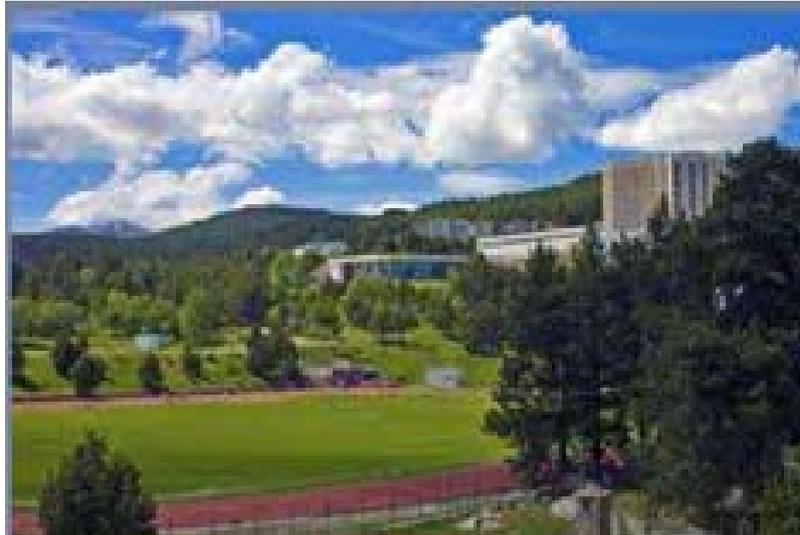


Intérêt de l'entraînement en altitude

Professeur Charles-Yannick GUEZENEC

Conseiller pour le développement du Centre d'entraînement en altitude de Font-Romeu



Font Romeu 1850

L'entraînement en altitude a fait l'objet d'un intérêt marqué lors de la préparation des Jeux de Mexico en 1968. En effet, cette méthode s'est révélée très efficace pour préparer des compétitions en altitude. Par la suite, nous avons constaté que ce type d'entraînement pouvait également améliorer les performances réalisées en plaine.

L'entraînement en altitude a fait l'objet d'un nombre important d'études, mais personne ne s'est encore livré à une méta-analyse rigoureuse de ces publications. Les adaptations hématologiques qui résultent de l'entraînement en altitude sont parfaitement connues. L'hémoglobine augmente d'environ 1 % pour une semaine passée à une altitude de 2 500 mètres ou plus. Cette augmentation peut se poursuivre durant douze ou treize semaines. Toutefois, les variations obtenues se maintiennent dans les limites physiologiques.

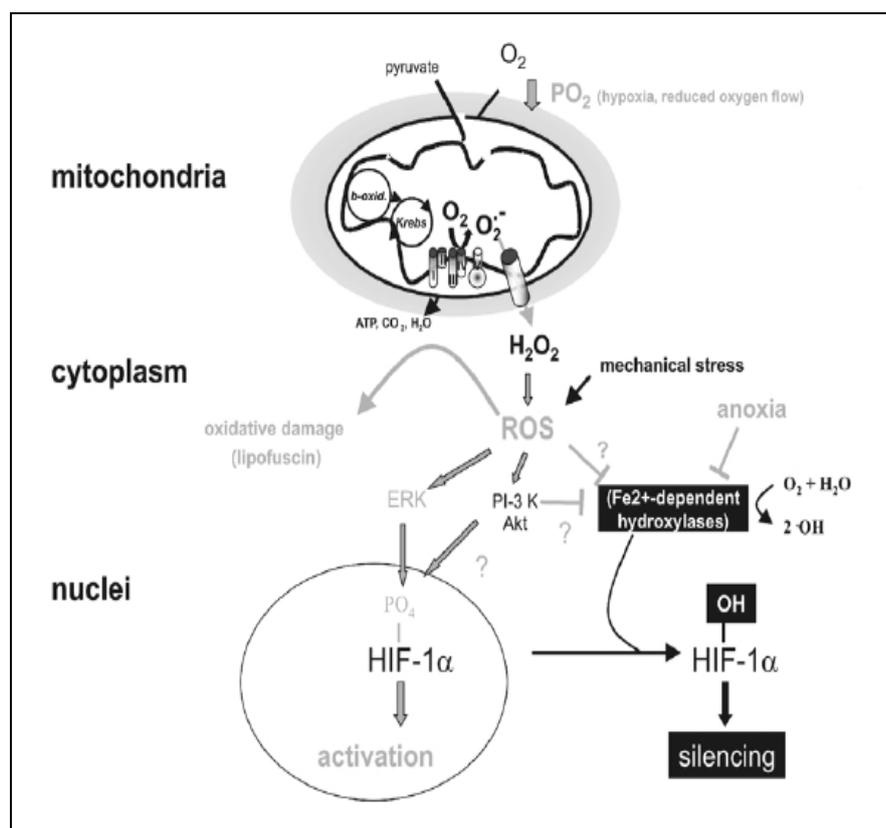
L'altitude induit également des adaptations non hématologiques. Ces adaptations sont musculaires, métaboliques et ventilatoires. Le rendement énergétique subit lui aussi une amélioration significative. Ces adaptations non hématologiques contribuent tout autant à l'amélioration des performances.

L'adaptation hématologique est inconstante. Elle se situe dans des limites de variations considérées comme normales par le passeport, c'est-à-dire entre 3 % et 6 %. En revanche, la variabilité individuelle est très forte. L'augmentation de l'hémoglobine et la réponse de l'Epo peuvent être considérées comme un marqueur de l'adaptation à l'altitude.

En dépit d'un certain nombre de résultats, la réponse de l'Epo et de l'hémoglobine ne semble pas constituer un marqueur prédictif des performances réalisées lors du retour en plaine.

Le mécanisme de la réponse est connu, puisqu'il s'agit de l'*hypoxic inducible factor* (HIF). L'HIF est un hétérodimère qui stimule la synthèse de l'hémoglobine, mais qui possède également une influence sur la capillarisation, les voies glycolytiques. L'HIF constitue donc d'un facteur pléiotropique.

La production d'HIF est stimulée par l'hypoxie en tant que tel, mais est aussi influencée par la production de radicaux libres qui résulte des adaptations métaboliques à l'hypoxie.



Rôle important de la production de radicaux libres sur la stimulation de HIF

La réponse de l'HIF est proportionnelle à l'intensité et au niveau d'altitude. Pour obtenir un effet véritablement bénéfique, les entraînements doivent être suffisamment intenses. L'intensité de l'entraînement possède un effet additif sur les adaptations musculaires, notamment sur la myoglobine musculaire et sur le développement de la capillarisation.

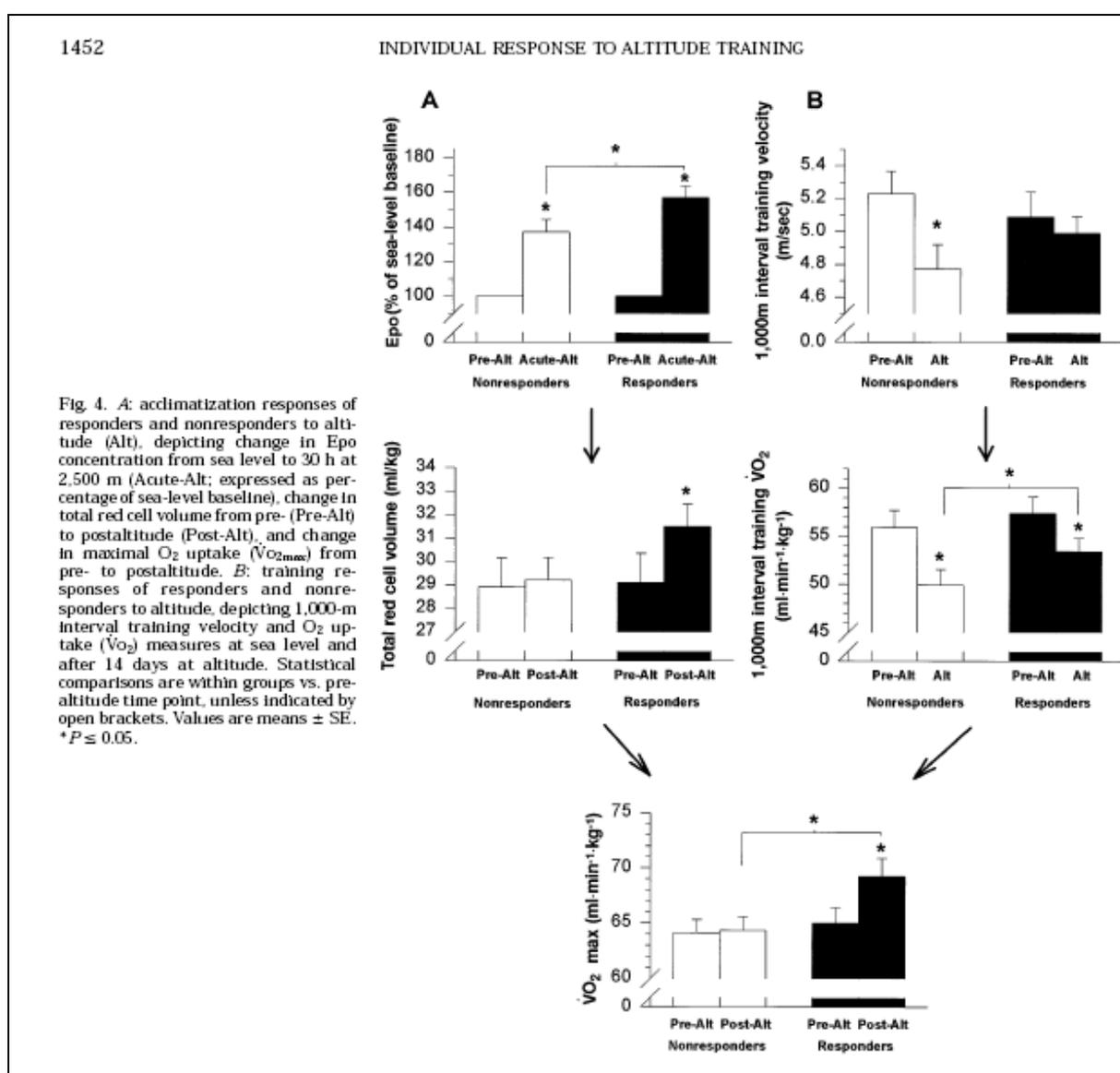
Ces effets sur la vascularisation intéressent non seulement les médecins du sport, mais aussi les spécialistes de la pratique sport-santé. Dans certaines situations comme la réadaptation cardiaque, l'entraînement en altitude permet d'obtenir une vascularisation beaucoup plus efficace.

La réponse des gènes induit une modification de la structure musculaire, du métabolisme des protéines et du métabolisme énergétique. L'entraînement en altitude

entraîne donc une adaptation hématologique, d'une part, et une adaptation métabolique musculaire, d'autre part.

Toutefois, la variabilité individuelle de la réponse est très importante. Certaines études rapportent un effet sur la performance en l'absence de toute modification hématologique. D'autres études montrent une réponse de l'Epo sans modification des paramètres hématologiques. Les effets de l'entraînement en altitude peuvent donc apparaître sous des formes dissociées. Néanmoins, lorsque la totalité des effets sont présents, la probabilité d'obtenir une amélioration de la performance est beaucoup plus élevée.

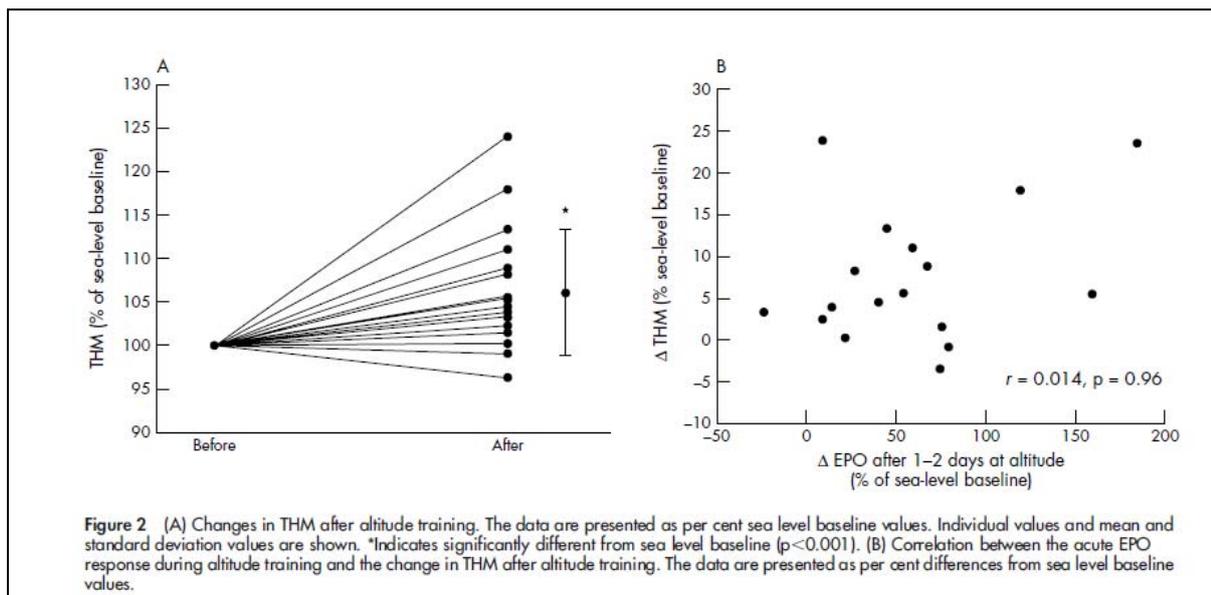
En 1998 ont été étudiés deux groupes de coureurs, constitués de « bons » et de « mauvais » répondeurs. Les bons répondeurs sont ceux qui présentent une réponse hématologique importante.



Variabilité individuelle aux effets de l'entraînement en altitude

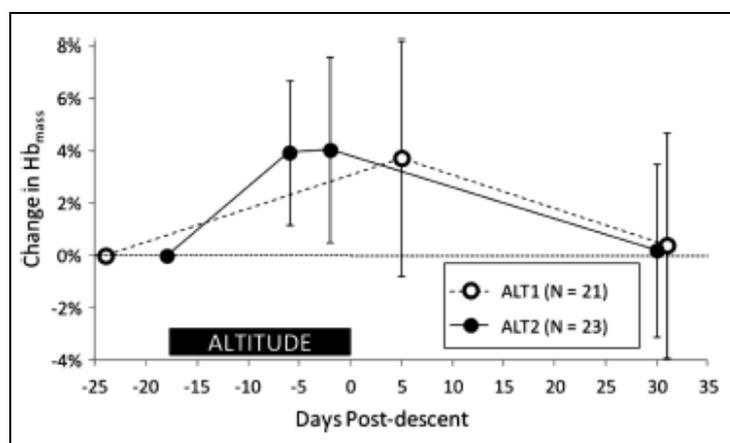
La réponse individuelle à l'Epo a été évaluée lors d'un test en hypoxie. Ces tests peuvent être réalisés en chambre hypobare ou par respiration d'un mélange appauvri en oxygène. Ce test a démontré que la réponse individuelle de l'Epo ne reflète pas toujours l'augmentation de l'hémoglobine.

En physiologie de l'altitude, le meilleur moyen de quantifier la réponse hématologique consiste à mesurer la masse totale d'hémoglobine plutôt que la concentration sanguine. Néanmoins, la correspondance entre les modifications des taux d'hémoglobine et de la masse totale d'hémoglobine n'est pas systématique



Pas de corrélation entre la réponse de l'Epo et celle de la masse totale d'hémoglobine

La réponse de la masse totale d'hémoglobine à l'entraînement en altitude n'est pas fixe dans le temps pour un même sujet. Une équipe australienne a étudié des footballeurs australiens qui ont effectué deux séjours en altitude à une année d'intervalle. Les chercheurs ont observé que la réponse d'un même sportif pouvait varier d'une année à l'autre. Ce phénomène peut être expliqué par la quantité d'apports nutritionnels en fer effectués dans les semaines précédant le stage.



Variation d'une année sur l'autre

Outre l'effet hématologique, la diminution de la densité de l'air permet d'améliorer les performances dans les disciplines qui s'appuient sur la vitesse, comme le sprint ou le saut en longueur. Plus récemment, des résultats ont prouvé que l'entraînement à moyenne altitude pouvait également favoriser le gain de masse musculaire au détriment de la masse grasse.

Table 1. Changes in body composition after 3-week altitude exposure

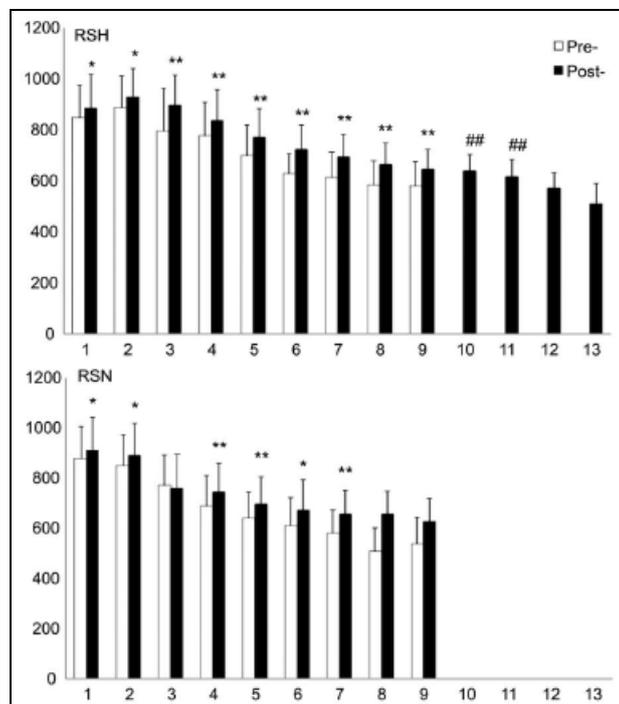
	Control (n = 8)			Altitude (n = 10)		
	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Change</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Change</i>
Height (m)	1.60 ± 0.22	–	–	1.72 ± 0.09	–	–
Body mass (kg)	51.9 ± 12.8	52.1 ± 13.1	0.3%	61.4 ± 6.4	61.5 ± 6.7	0.1%
BMI (kg/m ²)	20.5 ± 3.4	20.5 ± 3.4	0.1%	20.8 ± 1.3	20.8 ± 1.3	0.1%
Lean mass (kg)	39.5 ± 14.6	39.4 ± 15.1	-0.2%	48.9 ± 8.0	49.7 ± 8.0	1.5%*
Fat mass (kg)	10.7 ± 5.0	10.8 ± 4.7	1.9%	16.6 ± 5.4	14.9 ± 5.7	-11.4%*

L'entraînement en moyenne altitude, 3 semaines à 2300 m pourrait augmenter la masse musculaire et diminuer la masse grasse

Selon l'équipe de chercheurs à l'origine des travaux, ce phénomène pourrait s'inverser à haute altitude.

D'autres auteurs estiment que l'effet de l'entraînement en altitude sur la composition corporelle serait lié à une réponse plus importante de l'axe somatotrope et de l'insuline.

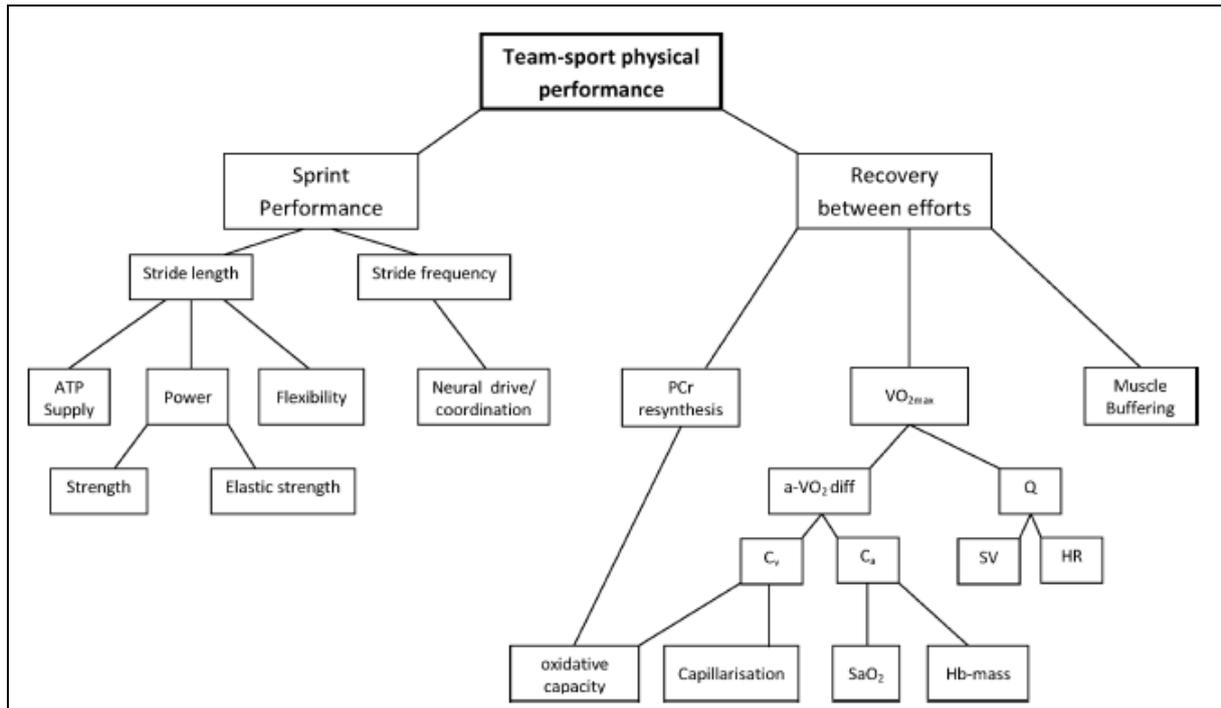
L'entraînement en hypoxie artificielle améliore également la capacité d'un athlète à répéter des sprints.



La capacité à répéter les sprints est améliorée par l'entraînement en altitude

Toutes ces caractéristiques ont soutenu l'intérêt de l'entraînement en altitude pour la pratique des sports collectifs. A l'heure actuelle, les travaux réalisés pour les sports collectifs sont toutefois moins importants que ceux effectués pour les sports d'endurance.

Selon moi, l'entraînement en altitude est un très bon moyen d'optimiser l'entraînement dans les sports collectifs, en évitant la tentation de recourir à des produits exogènes, c'est-à-dire que l'entraînement en altitude pourrait se substituer aux produits dopants.



Intérêt théorique de l'entraînement en altitude pour la pratique des sports collectifs

L'entraînement en altitude permet d'augmenter la capacité de transport de l'oxygène, d'améliorer le métabolisme musculaire, de stimuler la fonction respiratoire, d'améliorer le rendement de la locomotion. En revanche, l'altitude diminue la puissance absolue du travail d'aérobie.

Elle peut en outre provoquer, à partir de 700 mètres, des troubles du sommeil et de l'appétit. Enfin, elle suppose une diminution des défenses immunitaires, ainsi que l'abaissement du seuil de fatigue.

L'entraînement en altitude requiert la mise en place d'un mode de vie adapté. Un athlète qui s'entraîne à moyenne altitude présente des désaturations sanguines qui correspondent à la vie sédentaire en haute altitude. Chez certains athlètes apparaît en outre un phénomène d'hypoxémie.

Les performances anaérobies peuvent être améliorées pendant et après l'exposition à la moyenne altitude. Même dans les disciplines d'endurance, la musculation devient un élément primordial pour l'adaptation. L'entraînement des coureurs de demi-fond ou des cyclistes doit alors consacrer un temps plus important à la musculation au détriment de l'endurance.

Différentes méthodes ont été développées pour optimiser les effets de l'altitude sur la performance. La première méthode propose aux athlètes de vivre en altitude et de s'entraîner en plaine. Cette méthode n'est cependant pas adaptée pour obtenir un gain de masse musculaire ou pour développer la capacité à répéter des sprints.

Pour ces deux aspects, les effets bénéfiques ne sont obtenus qu'au travers de l'entraînement en altitude. La seconde méthode suggère un entraînement en hypoxie intermittente, c'est-à-dire en caisson d'altitude. Cette méthode a cependant donné lieu à des interrogations sur le plan éthique.

Selon moi, pour obtenir les effets non hématologiques que j'ai décrit, il est nécessaire de vivre et de s'entraîner en altitude. Toutefois, ce type d'entraînement doit encore faire l'objet de travaux pour être totalement efficace. La musculation devrait occuper une place plus importante dans les sports d'endurance. Une attention particulière doit être accordée à la gestion de la récupération.

Enfin, il est nécessaire de travailler sur le dépistage des intolérances individuelles, sur la gestion de la fatigue psychologique et sur le maintien d'un sommeil de qualité.

En plus de l'intérêt pour l'amélioration des performances sportives, plusieurs publications récentes démontrent l'intérêt de l'entraînement en altitude pour la prévention des maladies métaboliques chez des sujets à risques.

Questions-réponses avec l'amphithéâtre

Docteur Jean-Loup BOUCHARD, médecin des équipes de France de natation

J'ai eu l'occasion d'accompagner des nageurs en chambre hypoxique. Les notions d'hypoxie normobarique et d'hypoxie hypobarique sont à distinguer. Je m'interroge de plus sur les limites s'appliquant à l'altitude simulée et au temps d'exposition. Certaines personnes estiment que l'altitude de Font-Romeu est insuffisante. En outre, certains chercheurs considèrent que la distinction entre « bons répondeurs » et « mauvais répondeurs » n'est pas valide.

Professeur Charles-Yannick GUEZENNEC

Font-Romeu se situe à une altitude de 1 850 mètres. De nombreux nageurs préfèrent s'entraîner à Sierra Nevada, qui se trouve à 2 100 mètres. En chambre hypobare, un niveau d'altitude satisfaisant est obtenu à partir de 3 000 mètres.

D'après l'étude australienne, l'apport nutritionnel en fer est un élément déterminant chez les bons répondeurs. Néanmoins, dans la même étude, les bons répondeurs ne sont pas les mêmes d'une année à l'autre.

La réponse à l'Epo nécessite une durée d'exposition très courte. Elle s'observe après quatre heures d'hypoxie. La réponse de l'hémoglobine à l'Epo intervient après trois jours. Pour être efficace, un stage doit avoir lieu pendant quinze jours, voire trois semaines.

Docteur Mario ZORZOLI, médecin de l'UCI

La variation des paramètres hématologiques a-t-elle été étudiée pour les sportifs qui vivent en altitude, comme les Ethiopiens, les Kenyans, les Colombiens ?

Professeur Charles-Yannick GUEZENNEC

Cette question a été abordée dans le travail mené par l'équipe australienne. Cette équipe a étudié des footballeurs australiens et boliviens lors d'un stage. D'un point de vue collectif, la réponse des Andins est bien meilleure.

Par ailleurs, l'adaptation à l'altitude a fait l'objet d'études génétiques, en dehors d'un cadre sportif. Ainsi, pour les populations tibétaines et andines, des résultats différents ont été obtenus. Ces différences s'expliquent par la durée de sédentarisation de ces populations en montagne. Les sportifs issus de populations vivant en altitude depuis longtemps bénéficieront d'un effet adaptatif lors des stages effectués en altitude. En revanche, nous ignorons si cette caractéristique justifie les performances réalisées en plaine.