

Entraînement en altitude et performance chez l'athlète: la méthode

« vivre en haut – s'entraîner en bas »

Paul Robach

Ecole Nationale des Sports de
Montagne, Chamonix



Introduction

- « Vivre en haut – s'entraîner en bas »: état de la question
- Présentation de l'étude réalisée en 2010
- Discussion, perspectives

Historique de l'entraînement en altitude

1968: Jeux Olympiques de Mexico (2240m)

Aucun record en endurance



**Compétitions
en
ALTITUDE**



**Entraînement
en
altitude**



**Compétitions
au
NIVEAU
DE LA MER**



AUGMENTER LA PERFORMANCE AEROBIE

Hypothèse

Volume total de globules rouges

=

Facteur clé de la performance

Dopage sanguin

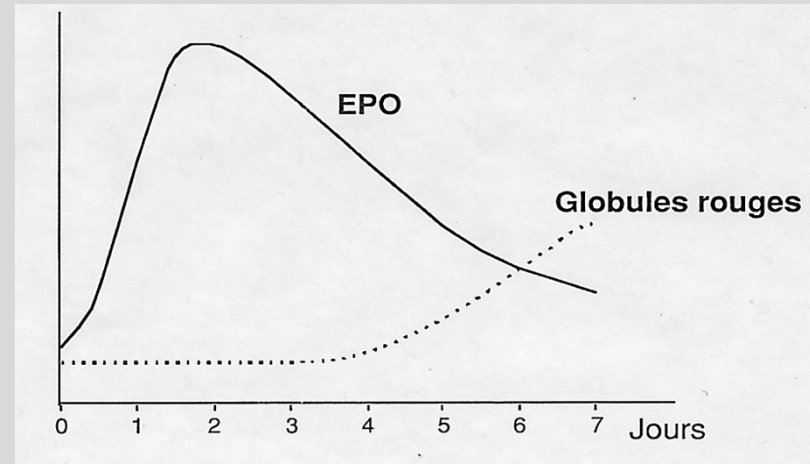
=

Augmente la performance

Hypoxie d'altitude

=

**Augmente le volume de
globules rouges**



?

Entraînement en altitude → Améliore la performance (aérobie)

Entraînement et hypoxie

Méthode « classique »



Entraînement et hypoxie

Méthode « classique »

- Altitude: 1500 – 2500 m
- Durée: 2 – 4 semaines
- Résidence ET entraînement en altitude
- Sportifs d'endurance de haut niveau

Entraînement et hypoxie

Méthode « classique »

Observations de terrain

Lors du retour en plaine:

- Amélioration de la performance
 - Variabilité individuelle

Entraînement et hypoxie

Méthode « classique »

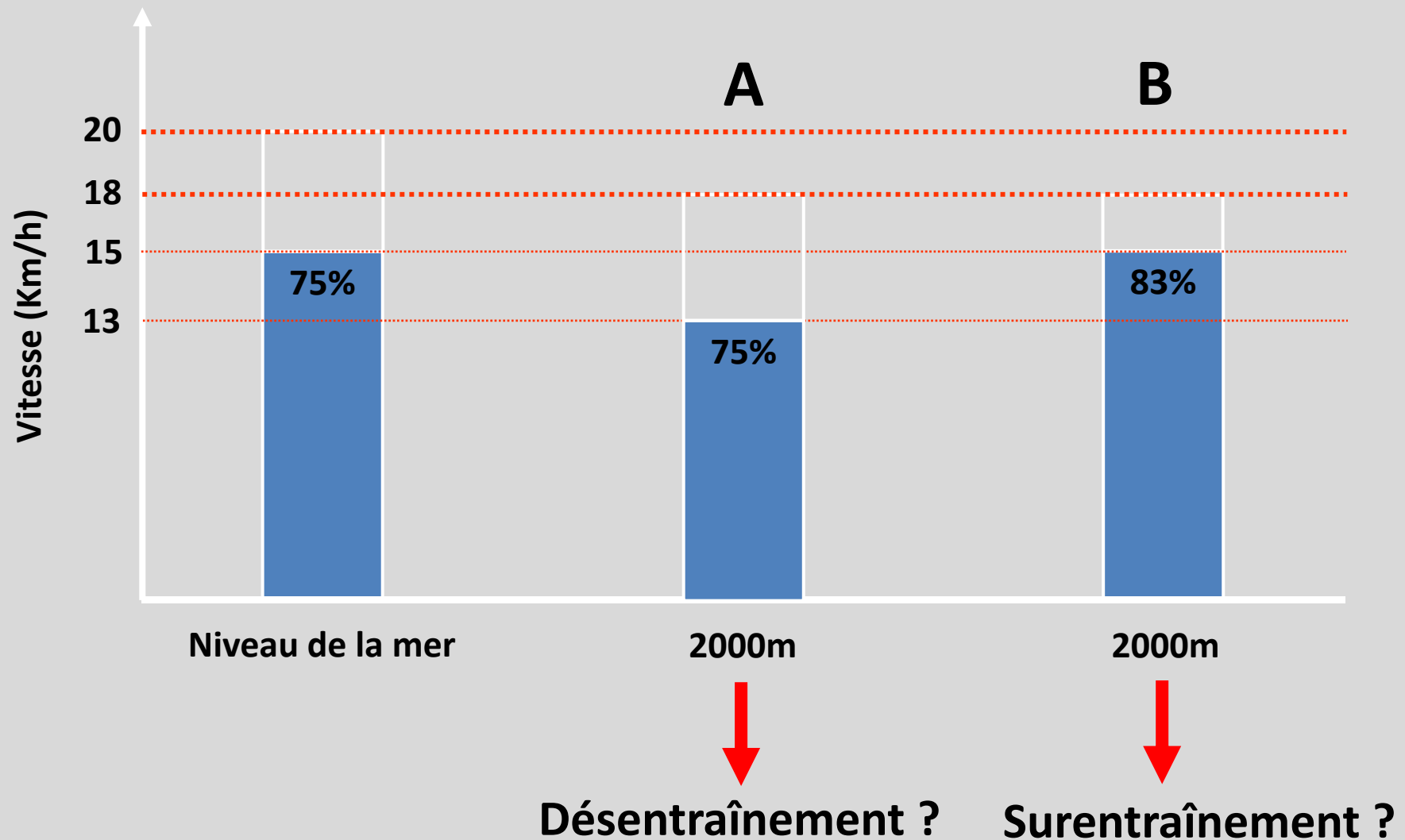
Etudes scientifiques

Lors du retour en plaine:

- **PAS** d'amélioration systématique de la performance
 - Variabilité individuelle

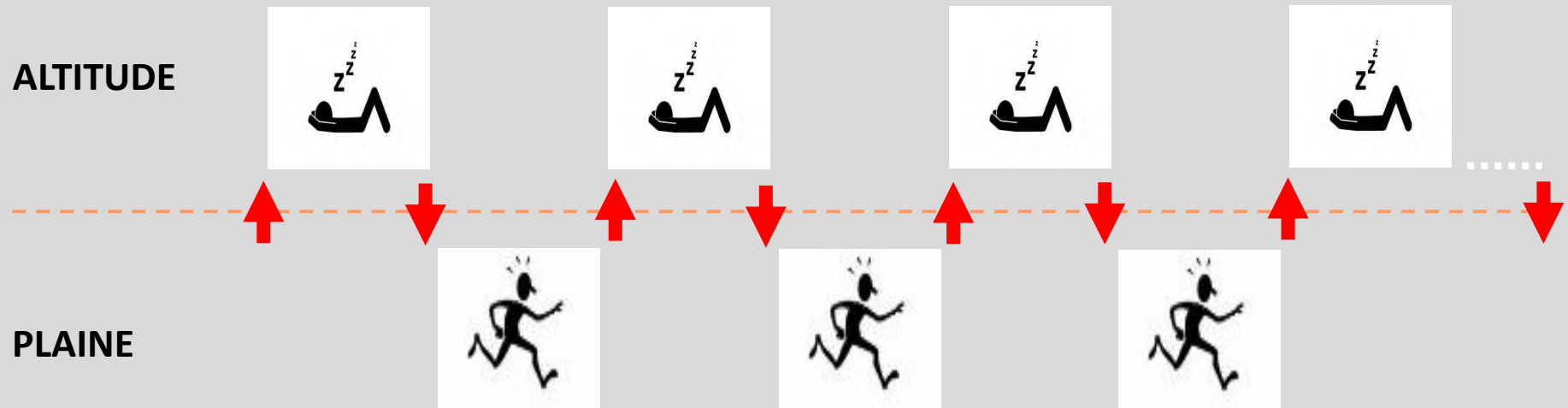
Pourquoi ?

Problème lié à l'entraînement



Entraînement et hypoxie

« *vivre en haut – s'entraîner en bas* »



Entraînement et hypoxie

« vivre en haut – s'entraîner en bas »



Accélère l'érythropoïèse



**Augmente le volume total
de globules rouges**

+



Maintien des flux d'O₂



**Maintien des intensités
d'entraînement**



Amélioration de la performance aérobie

Entraînement et hypoxie

« vivre en haut – s'entraîner en bas »

- Altitude réelle = hôtel en altitude
- Altitude simulée = chambres hypoxiques

Centre national de ski nordique Prémanon - France

Chambres hypoxiques





Entraînement et hypoxie

« vivre en haut – s'entraîner en bas »

Cette méthode améliore la performance:

- Etudes américaines (++)
- Etudes australiennes (+/=)
- Etudes françaises (Jura) (+)
- Etude suisse (+)

Entraînement et hypoxie
« *vivre en haut – s'entraîner en bas* »
Quelle est l'altitude optimale ?

2200 – 3000 m

Entraînement et hypoxie
« *vivre en haut – s'entraîner en bas* »

Exposition quotidienne minimale ?

Au moins 14 heures/jour

Combien de temps au total ?

Au moins 18 jours

Entraînement et hypoxie

« *vivre en haut – s'entraîner en bas* »

Combien de temps l'effet dure-t-il ?

2-3 semaines ?

En résumé

La méthode « vivre en haut – s'entraîner en bas »:

1) Peut aider l'athlète à augmenter sa performance (1-3%)

**Si la « dose » d'hypoxie est adéquate
(2200-3000 m; >12-14 h/jour; 3-4 semaines)**

2) Est recommandée pour préparer une compétition en altitude

« vivre en haut – s'entraîner en bas »

- Méthode de plus en plus utilisée par les athlètes
- De nombreux pays investissent dans les chambres hypoxiques
- Développement des équipements portatifs
- Perspectives des J.O. de Londres 2012

Etude scientifique 2010

**Pourquoi une nouvelle étude sur la méthode
« vivre en haut s'entraîner en bas »?**

Questions en suspens

- **Pourquoi la performance augmente-t-elle?**
- **Effet placebo?**
- Durée des effets?
- Effet sur l'endurance?
- Effet sur les sports de sprint?
- Implications pour le dopage?

Les chambres hypoxiques de Prémanon permettent une méthodologie en double insu

- Athlètes **HYPOXIE**
- Athlètes **PLACEBO**

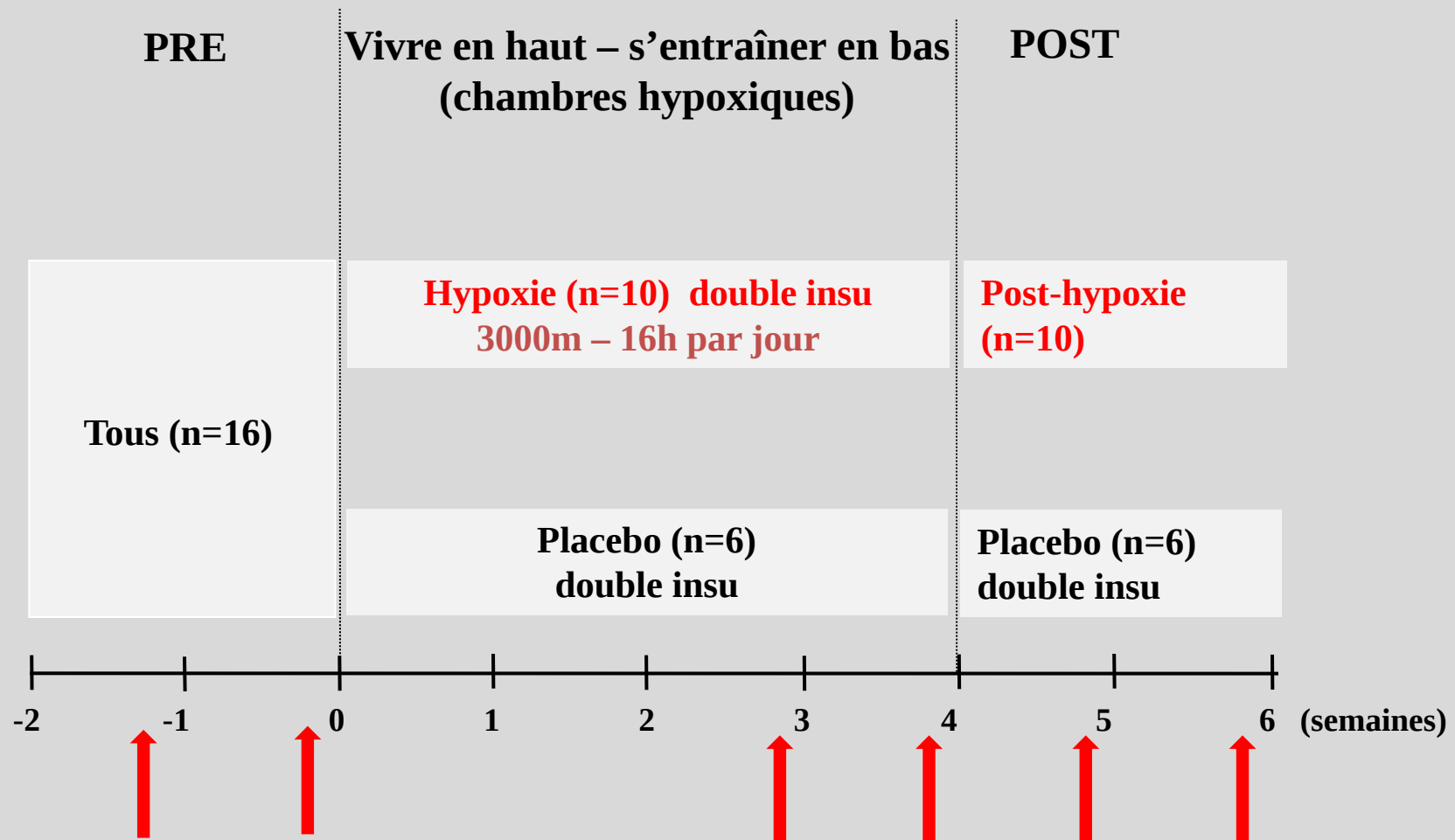
17 athlètes de haut niveau

- 14 Cyclistes (route, VTT, cyclo-cross)
 - 3 Triathlètes
-
- Etats-Unis, Danemark, Canada, Suisse

Entraînement dans le Jura



Protocole (8 semaines)



Question principale

- L'augmentation de performance est-elle liée:
 1. à l'augmentation du nombre de globules rouges?
 2. à l'amélioration du rendement musculaire?

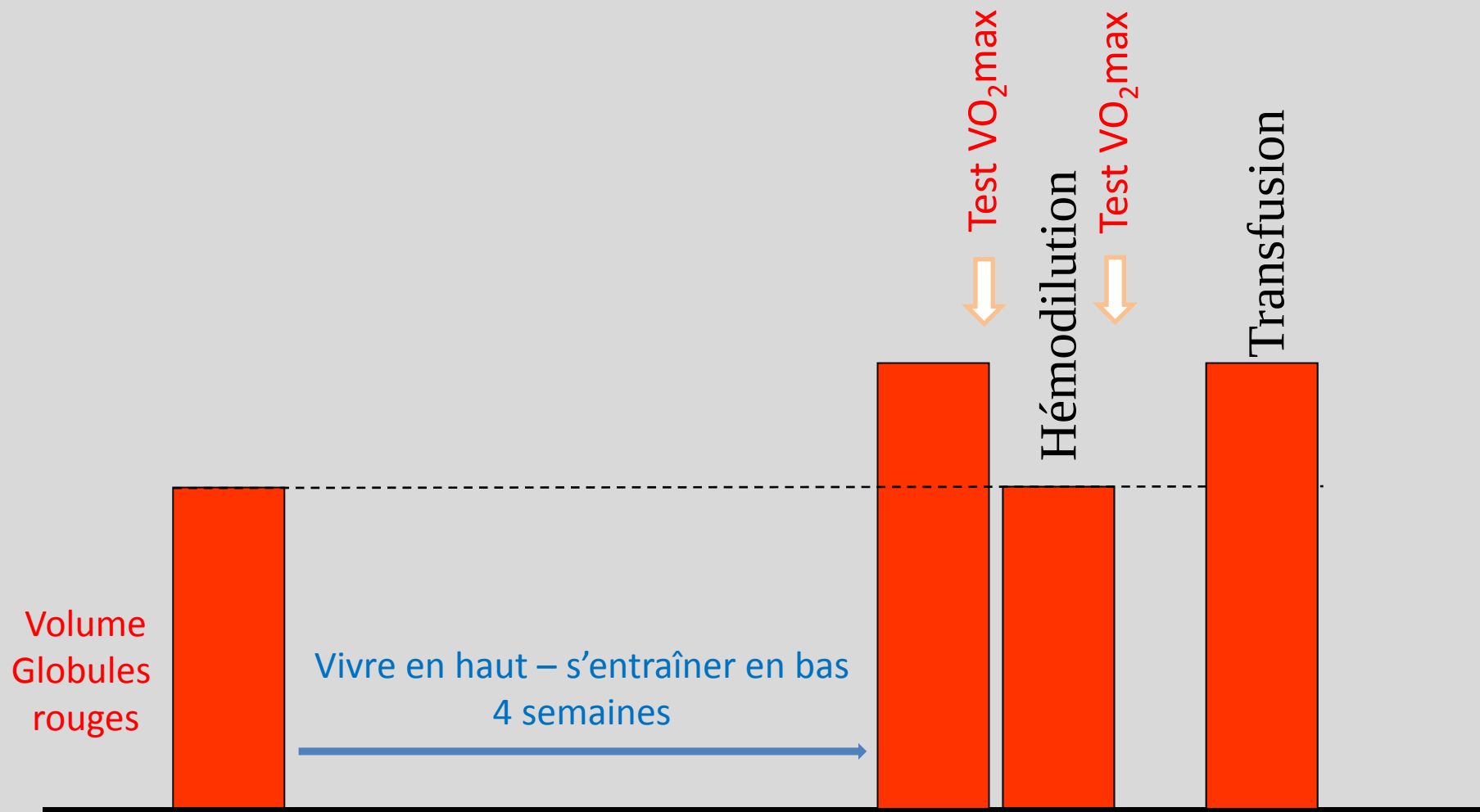
1. Volume total de globules rouges
(ou masse totale d'hémoglobine)

Hb_{mass}

Mesure du volume total de globules rouges

← Monoxyde de carbone
(mesure de HbCO)









2. Amélioration du rendement musculaire



Respiration mitochondriale

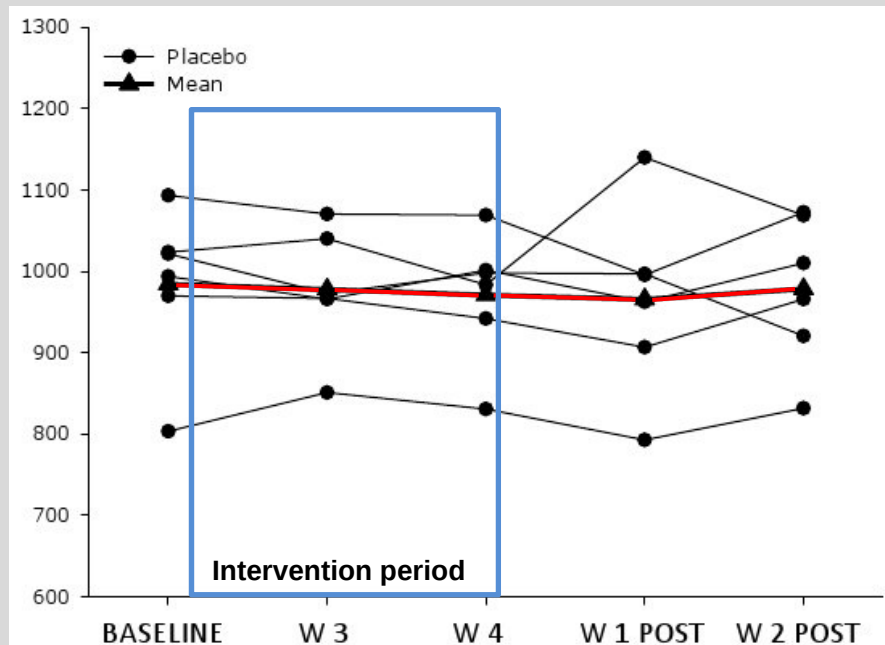


Amélioration de l'endurance?

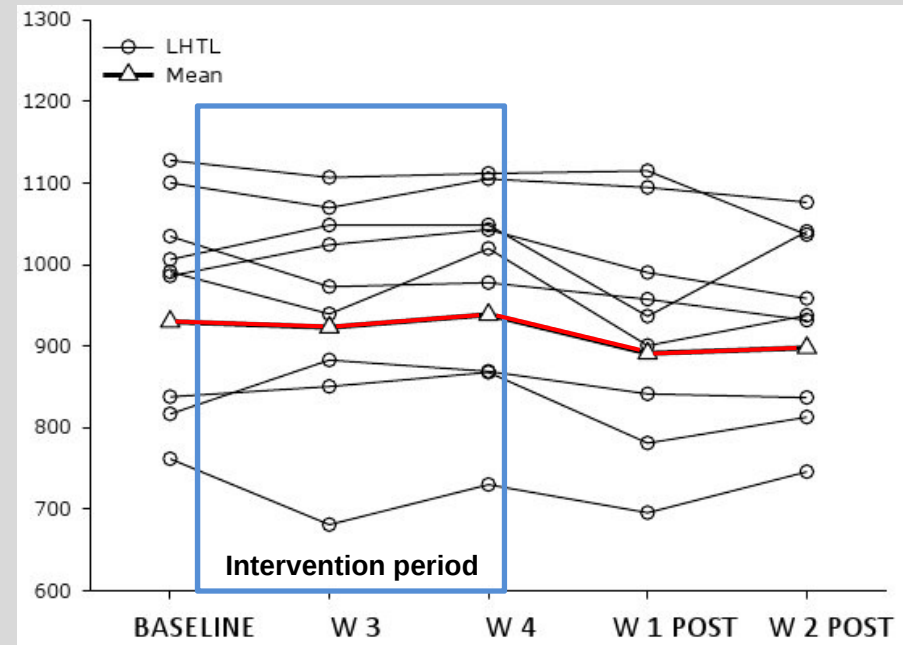


Masse totale d'hémoglobine (g) (Hb_{mass})

Placebo



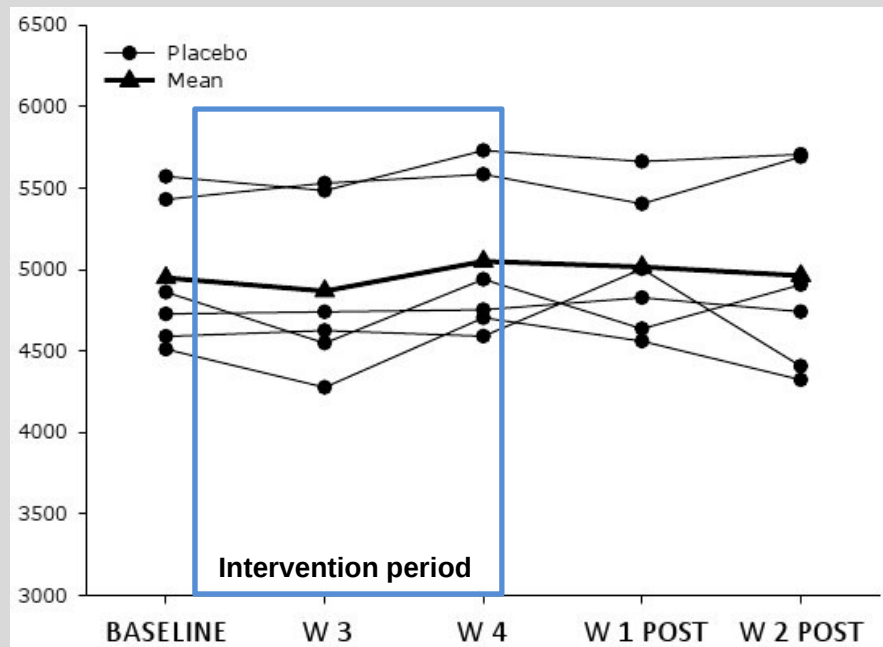
hypoxie



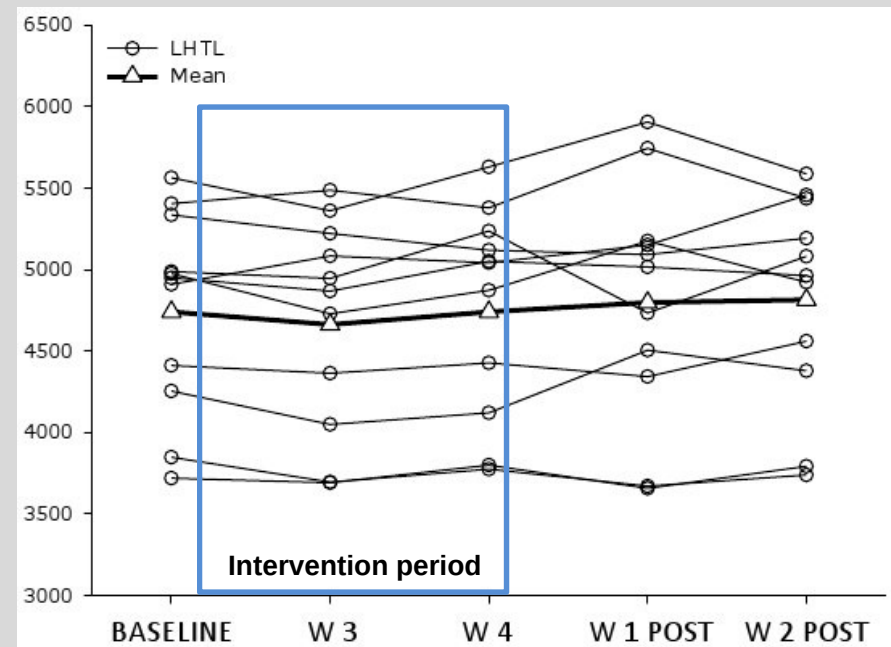
Pas d'augmentation

VO₂max (L/min)

Placebo

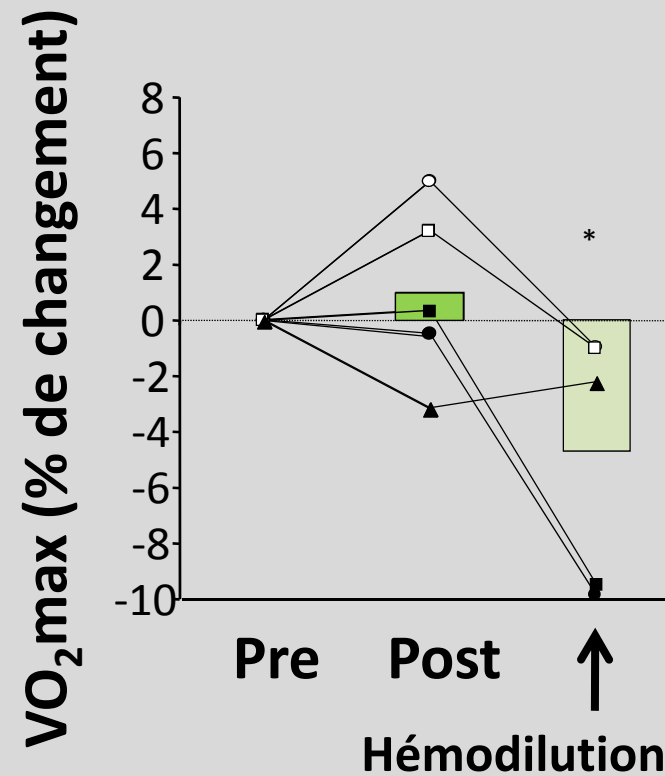
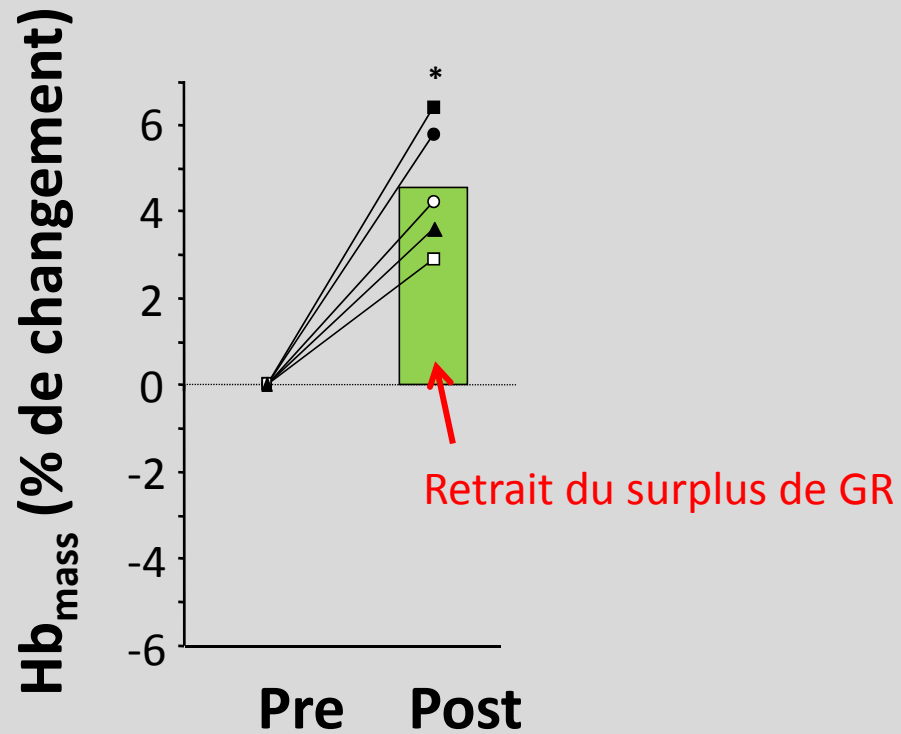


hypoxie



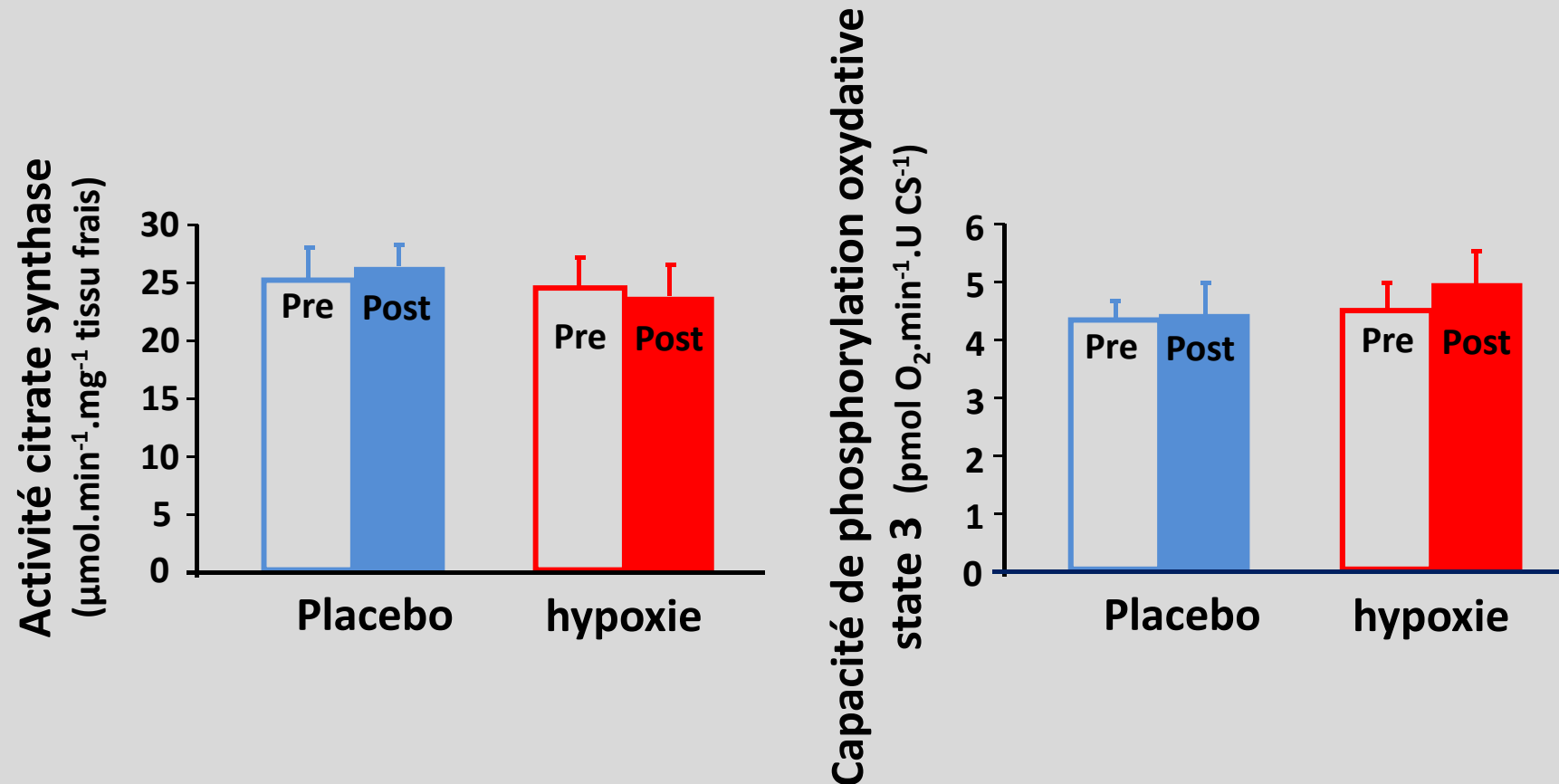
Pas d'augmentation

Athlètes “bon répondeurs” à l’hypoxie



- L'augmentation du volume total de globules rouges n'est pas systématique
- Si augmentation, celle-ci n'est pas suffisante pour augmenter le transport maximal de l'oxygène

Pas d'amélioration de la fonction mitochondriale

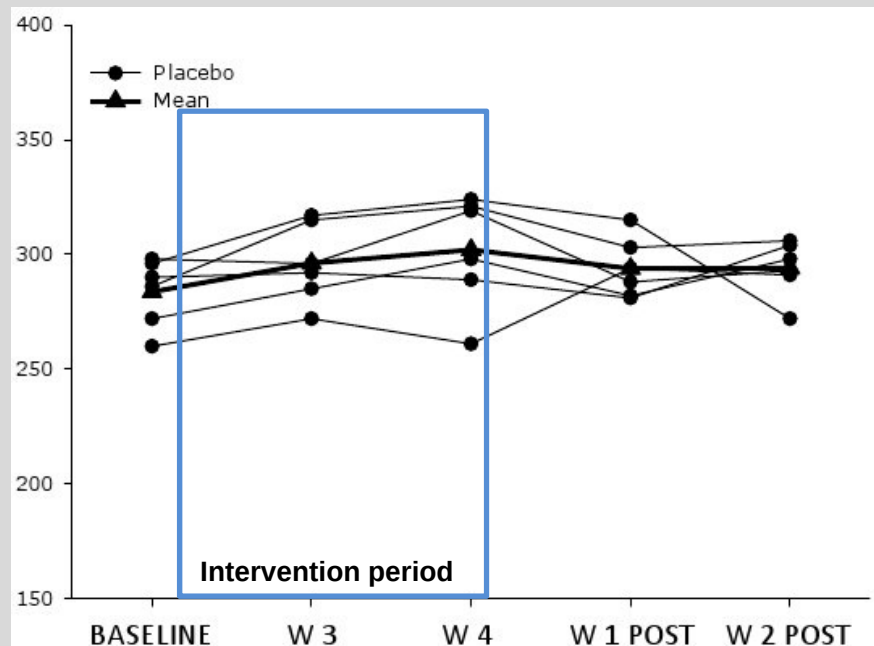


- Le rendement musculaire n'est pas amélioré

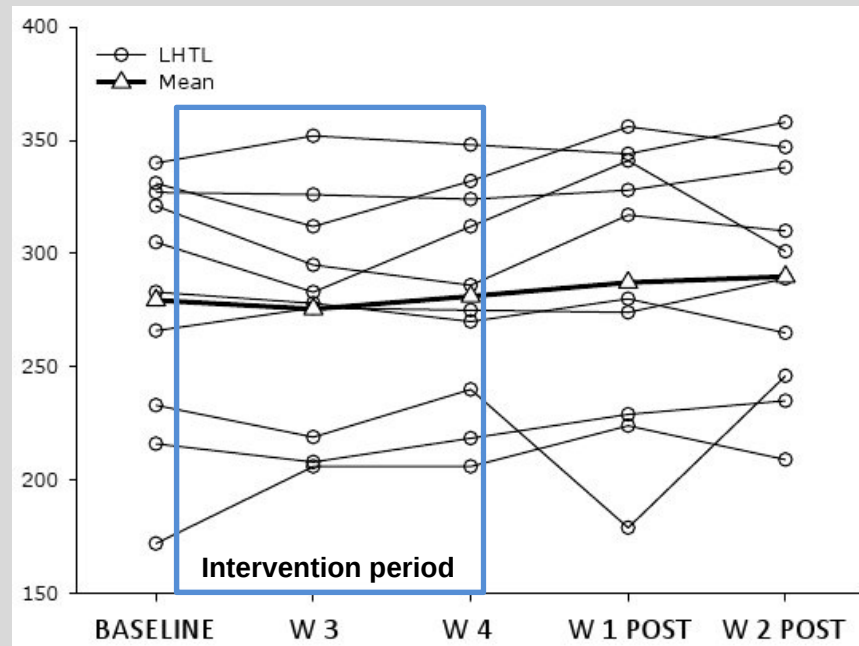
Performance en endurance ?

Temps limite sur 26 km (puissance moyenne en W)

Placebo



hypoxie

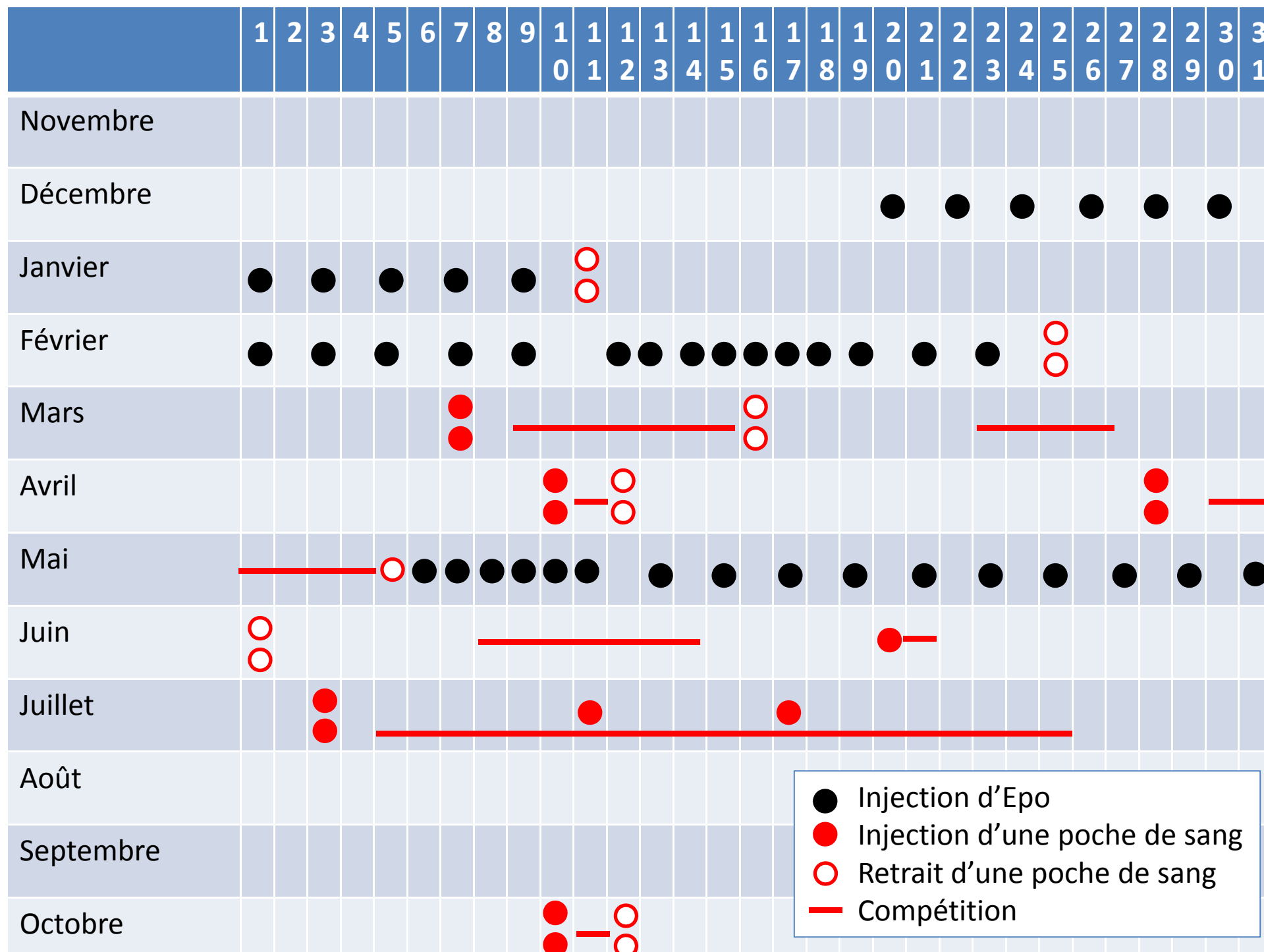


Pas d'amélioration

Résumé

Chez des cyclistes élités, la méthode “vivre en haut – s’entraîner en bas” n’améliore pas la performance aérobie car:

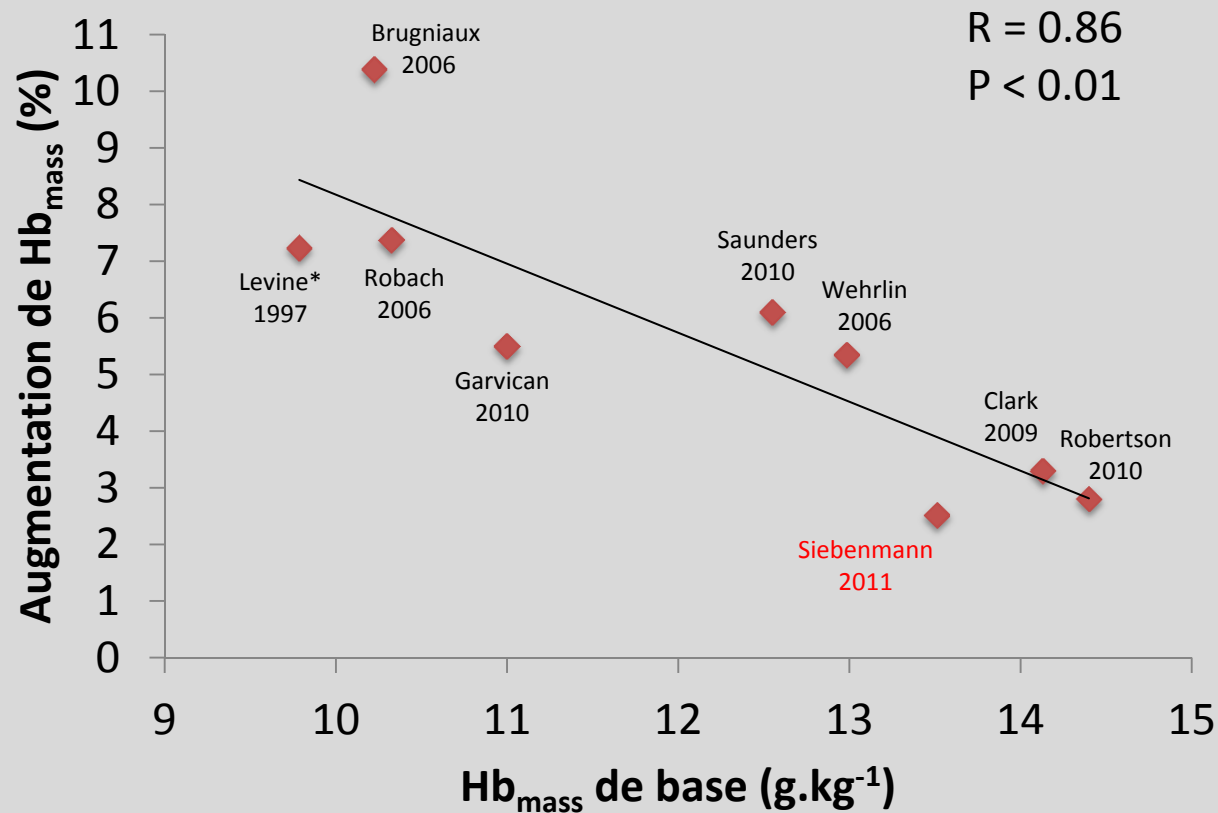
- Le rendement musculaire n’est pas amélioré
- L’augmentation du volume total de globules rouges reste marginale (200 ml)



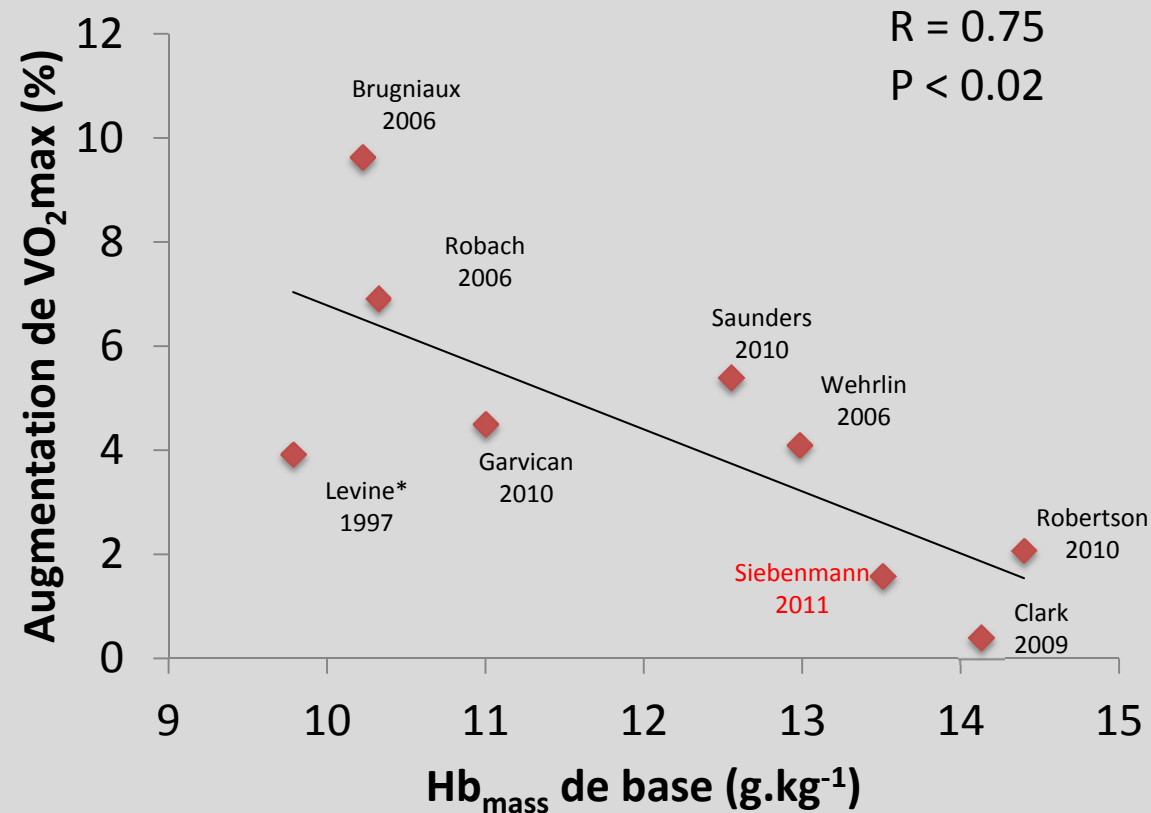
Résultats négatifs en dépit d'une dose d'hypoxie élevée (450 h): pourquoi?

- Entraînement?
- Non-répondeurs?
- Effet placebo?
- Hypoxie normobare?
- Profil physiologique initial?

Plus Hb_{mass} de base est élevé,
moins l'hypoxie a d'effet sur Hb_{mass}



Plus Hb_{mass} de base est élevé,
moins l'hypoxie a d'effet sur $VO_2 \text{ max}$



Question

- La méthode “vivre en haut – s’entraîner en bas” est-elle utile aux athlètes possédant déjà des caractéristiques physiologiques exceptionnelles?

Perspective

- La méthode “vivre en haut – s’entraîner en bas” serait profitable:
 - Aux athlètes en progression
 - Aux athlètes élités mais ne possédant pas des caractéristiques physiologiques “maximales”

Remerciements

Université de Zurich (CH):

Christoph Siebenmann

Robert A. Jacobs

Peter Rasmussen

Victor Diaz

Andreas Christ

Marco Maggiorini

Carsten Lundby

CNSN Prémanon (F):

Laurent Schmitt

Université de Copenhague (DK):

Nikolai Nordsborg

Niels H Secher

Université d'Innsbruck (A):

Dominik Pesta

Erich Gnaiger

Université Paris 13 (F):

Aurélien Pichon

Hopital La Vallée (CH):

Julia Fiedler

Nadine Crivelli