

# Entraînement sportif et altitude: quel est le meilleur compromis?

Dumum 2005-2006

Olivier martin

# introduction

- En 1968 se sont déroulés les jeux olympiques a Mexico à 2200 m.

Sportifs et scientifiques se sont alors demandés:

- 1) Comment améliorer les performances pour les épreuves en altitude?
- 2) L'entraînement et/ou la vie en altitude permettent ils d'améliorer les performances au niveau de la mer?

# sommaire

## **INTRODUCTION**

*page x*

## **I. L' ENTRAINEMENT EN ALTITUDE**

*page*

*x*

I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

*page x*

1.1 Hypoxie normobare

1.2 Conséquences bénéfiques pour le sportif

I.2) Conséquences néfastes pour le sportif

*page x*

## **II. DONNEES DE LA LITTERATURE**

*page*

*x*

II.1) Limites des études

*page x*

II.2) Sur l' hématokrite

*page x*

# sommaire

II.3) Sur la VO<sub>2</sub>max au niveau de la mer *page*

x

II.4) Sur l'endurance *page*

x

II.5) Sur les performances *page*

x

## Synthèse

**III. CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS** *page*

x

III.1) Vivre en bas – s'entraîner en haut *page*

x

## Synthèse

III.2) Vivre en haut – s'entraîner en bas *page*

x

2.1 Méthode de Lévine

2.2 Stray-Gundersen

# sommaire

2.4 Myhre

2.5 Martin D.

Synthèse

Etude de Robach, Richalet

x

*page*

**CONCLUSION**

*page x*

**BIBLIOGRAPHIE**

x

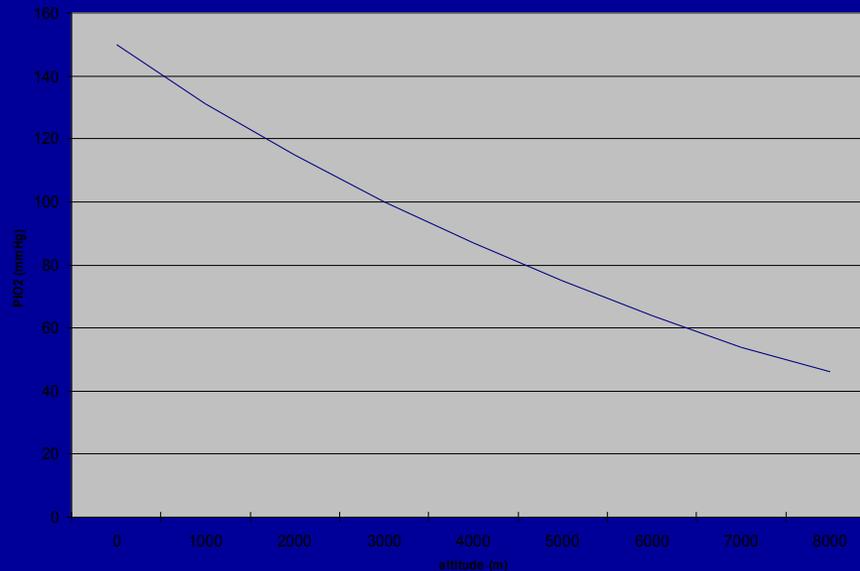
*page*

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

### 1.1) hypoxie normobare

- $PIO_2 = FIO_2 \times (P_{bar} - P_{H_2O})$        $P_{H_2O}$  est la  $PO_2$  dans l'air trachéal saturé en vapeur d'eau  
 $PIO_2 = 0,21 \times (P_{bar} - 47)$

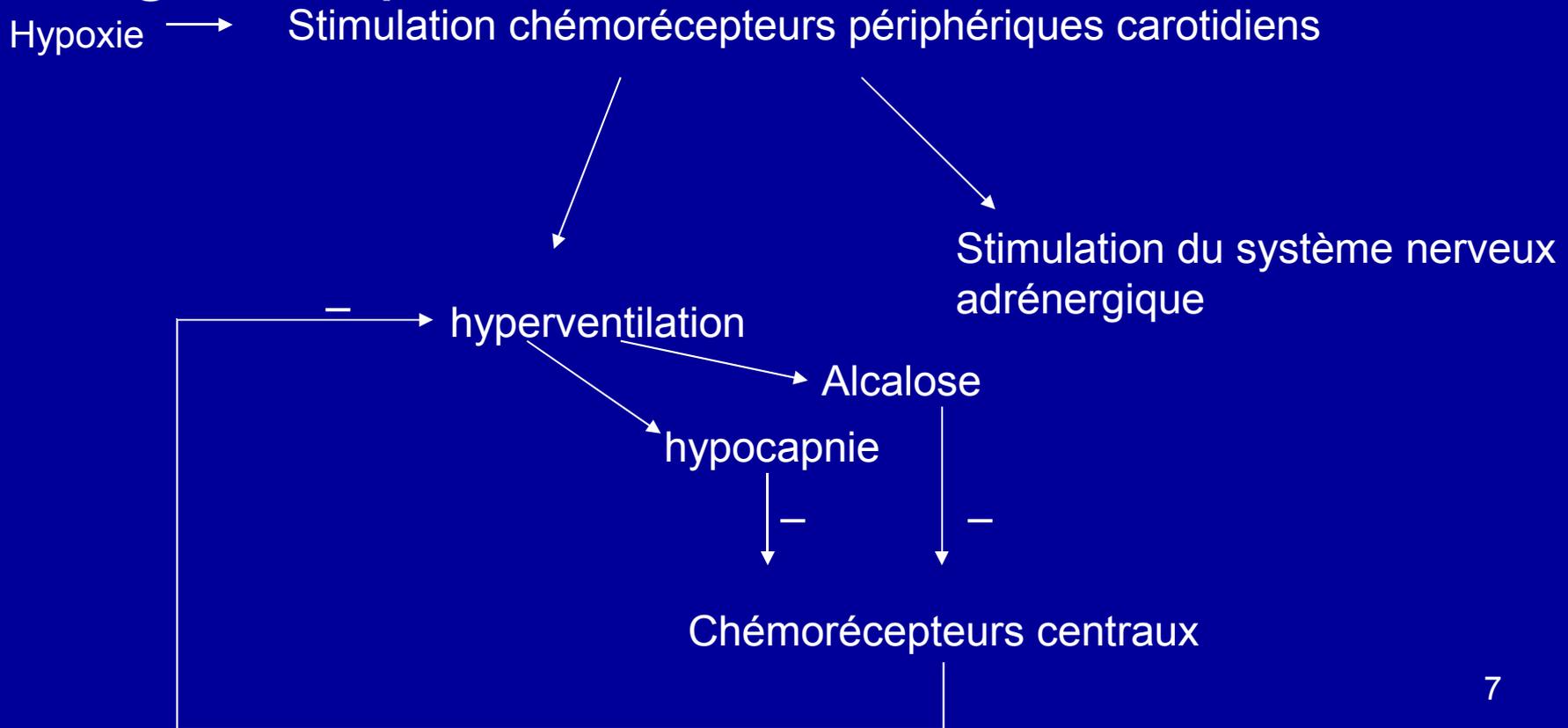


De plus, la densité de l'air va décroître avec l'altitude

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

- Adaptation physiologique en hypoxie aiguë: la phase d'accommodation

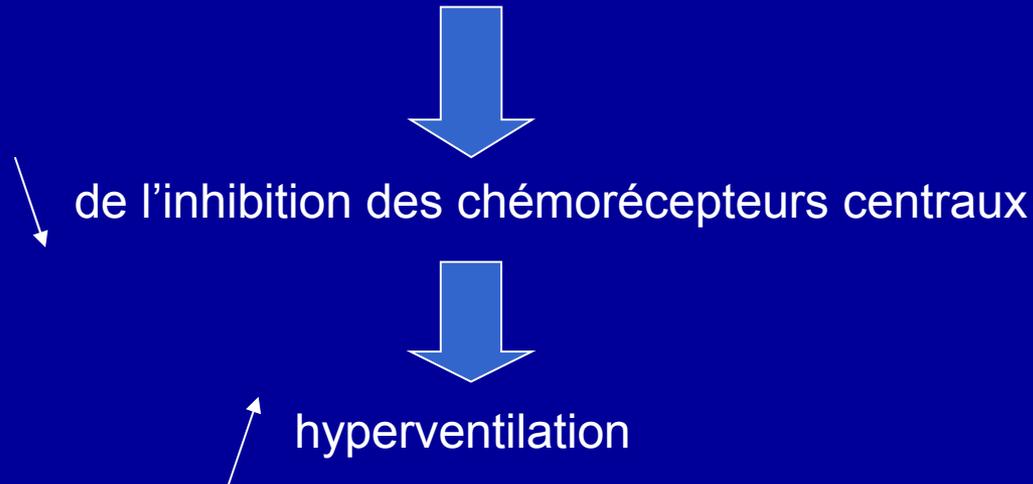


# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

- Ensuite: la phase d'acclimatation

compensation rénale de l'alcalose ( augmentation de l'élimination des  $\text{HCO}_3^-$ )



C'est la phase de survenue du MAM

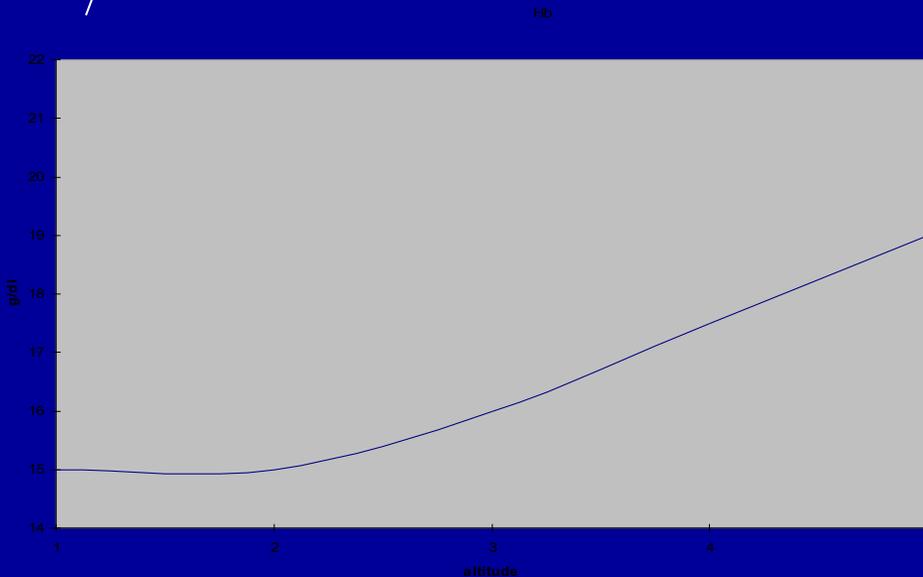
Puis stabilisation des processus: état stable d'acclimatement

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

### 1.2) conséquences bénéfiques pour le sportif

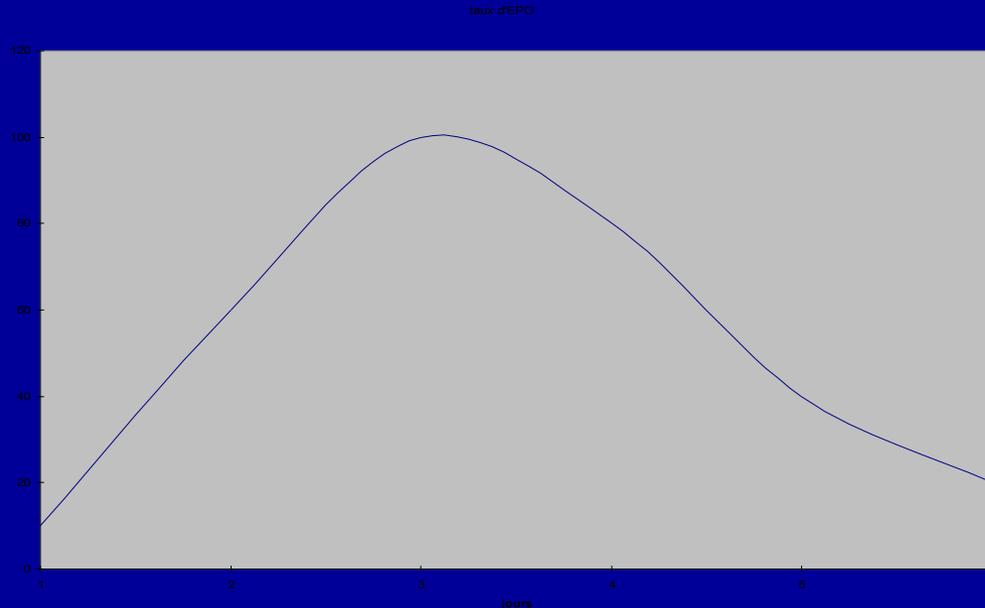
- de l' EPO  
Avec du taux d'Hb et de l' Hématocrite (Ht)



# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

Hypoxie  $\longrightarrow$   $\searrow$  de la PO<sub>2</sub> tissulaire du TCP  $\longrightarrow$   
sécrétion d' EPO



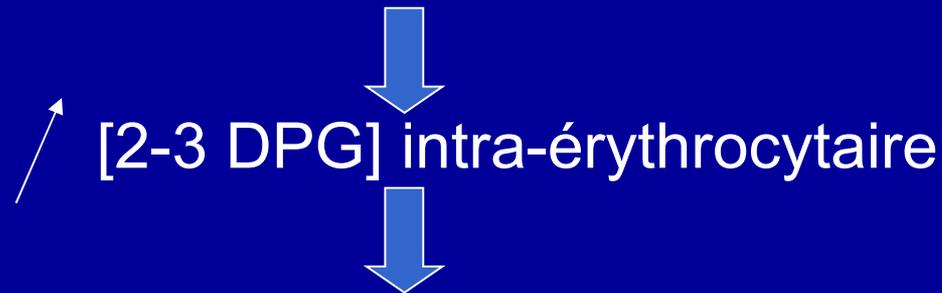
Puis après 3j. Acclimatation  $\longrightarrow$   $\uparrow$  Ve  $\longrightarrow$   $\uparrow$  PaO<sub>2</sub>  
 $\longrightarrow$   $\downarrow$  sécrétion EPO

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

- Favorise la libération d'O<sub>2</sub> aux tissus:

Altitude → activation des hexokinases et phosphofruktokinases (idem que l'entraînement)



Déplacement vers la droite de la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

(captation O<sub>2</sub> dans les poumons est modérément affectée)

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I.1) Bénéfices attendus de l'entraînement en hypoxie modérée

- Modifications hydro-electrolytiques et hormonales:

↗ GH → rôle anabolisant

↗ HIF (facteur induit par l'hypoxie)

→ ↗ enzymes oxydatives musculaires, rôle prépondérant

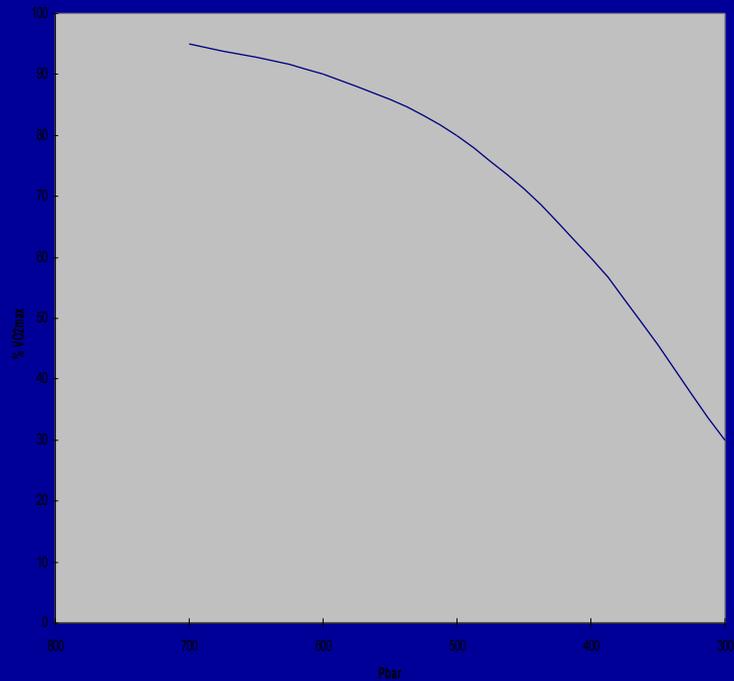
**Inhibition du SRAA** (NB: pas de baisse des rénine aldostérone dans le MAM)

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I. 2) conséquences néfastes pour le sportif

- Baisse de la VO2 max:

$$VO_2 \text{ max} = 1,34 \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2) \times Fc \times Ves$$



# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I. 2) conséquences néfastes pour le sportif

- Causes de la baisse de la VO<sub>2</sub>max:

↗ de la déshydratation

Désensibilisation progressive des récepteurs  $\beta$   
myocardiques = down-regulation

avec sensibilisation de la voie cholinergique = up-  
regulation



↘ Fc maxi à l'effort

(But=protection myocardique)

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I. 2) conséquences néfastes pour le sportif

Surtout altération du transfert alvéolo-artériel de l'O<sub>2</sub>,  
proportionnel à:

$$\frac{DO_2}{Q_{sg} \times \beta_{O_2}}$$

→ Capacité de diffusion de l'O<sub>2</sub>, va diminuer par l'œdème interstitiel

→ Pente de la courbe de dissociation de l' Hb, va se déplacer vers la droite par ↗ du 2-3 DPG, donc hématoxémie devient plus difficile

Donc il apparaît un gradient alvéolo-artériel de l'O<sub>2</sub>

NB: ↗ de l' Hb va permettre de réduire secondairement cette diminution du VO<sub>2</sub> max

# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I. 2) conséquences néfastes pour le sportif

- Dues à l'augmentation de l' Ht:
  - ✓ hématologique: hypercoagulabilité
  - ✓ Cardio vasculaire: ↗ résistances périphériques → ↗ travail cardiaque  
altération micro circulation: lésions rénales, gelures, ...
  - ✓ Respiratoire: gêne du transfert d'O<sub>2</sub> vers les tissus

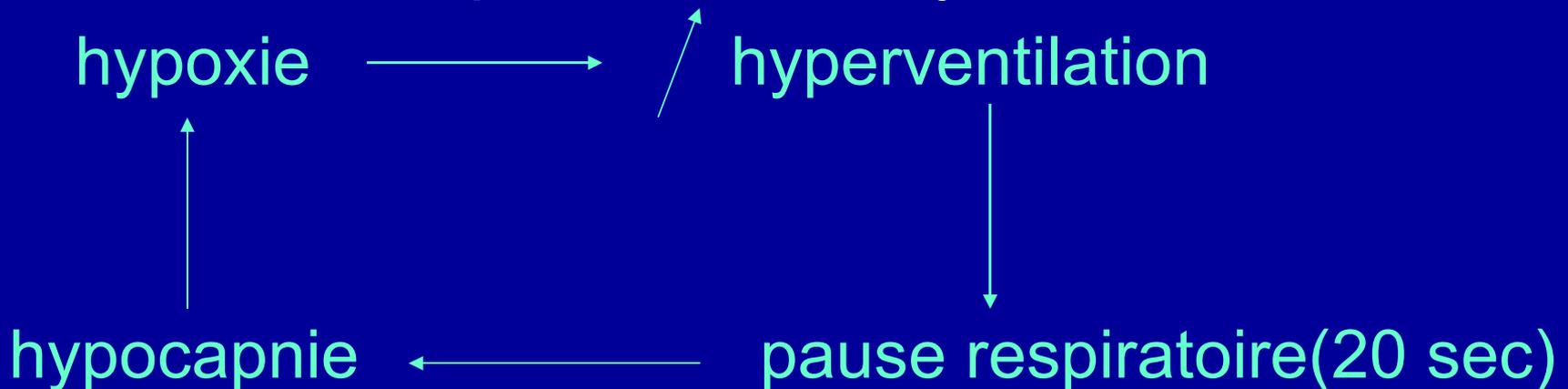
# I) L'ENTRAÎNEMENT EN ALTITUDE

## I. 2) conséquences néfastes pour le sportif

- altération du sommeil:

Absence de stimulation corticale → O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> ont un rôle supérieur

En stade II, respiration de Cheynes-Stokes:



# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II.1) Limites des études

- Réalisées à des altitudes variant de 1500 à 3100m.
- En vie permanente durant 2 à 4 semaines
- Pour les sports où le métabolisme aérobie prime

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II.1) Limites des études

- Pour les entraîneurs:

Augmentation des performances

Mais reconnaissent des variabilités  
interindividuelles+++

- Pour les scientifiques:

Beaucoup d'études non validées

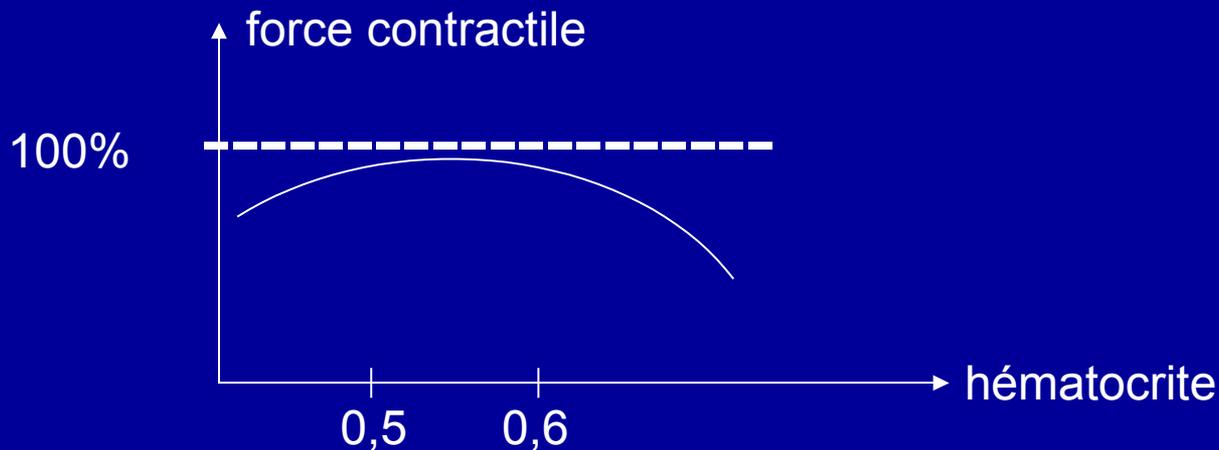
Avec des sportifs de niveau hétérogène

Grande disparité des protocoles

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II.2) sur l'hématocrite

- Gaehtgen 1979:



- Gustaffson 1980: pour un muscle à pression de perfusion égale,  
de l'hématocrite



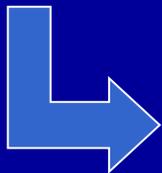
# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II.2) sur l'hématocrite

- Kanstrup et Ekblom 1984:
  - ↗ des performances est due à une ↗ de l'hémoglobine et non de l'hématocrite
  - ↗ de l'hémoglobine est surtout due à l'hémoconcentration
- Myrrhe and coll 1970; Pugh 1984:

nécessité d'un séjour supérieur à 2 semaines et à au moins 2000 m. d'altitude pour avoir des modifications hématologiques significatives

nécessité de paramètres plus pertinents tel que:



numération des réticulocytes  
volume des globules rouges

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II.2) sur l'hématocrite

Au total:

↗ de l'Ht pourrait être bénéfique sur  
l'apport d'O<sub>2</sub> à condition qu'elle soit  
modérée

## II) DONNEES DE LA LITTERATURE

### II. 3) sur la VO<sub>2</sub>max au niveau de la mer (NM)

- 2 études montrent une augmentation:
    - Roskam 1969
    - Loeppk 1970
- ↳ + 0,2 l/min ou 6,4%

Cause:

l'entraînement a eu lieu à une puissance absolue égale à celle du NM, donc à VO<sub>2</sub>max relatif plus important

## II) DONNEES DE LA LITTERATURE

### II. 3) sur la VO<sub>2</sub>max au niveau de la mer (NM)

- 2 études montrent une diminution:
  - Adam 1975
  - Rahkila 1982
    - ↳ -2,6%

Causes:

déshydratation

entraînement effectué à une puissance inférieure à celle du niveau de la mer

## II) DONNEES DE LA LITTERATURE

### II. 3) sur la $VO_2\text{max}$ au niveau de la mer (NM)

- 2 études ne montrent pas de modification:
  - Davis 1974
  - Hansen 1967

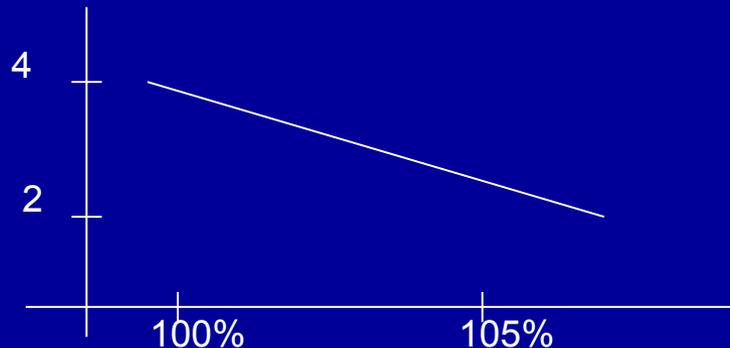
# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II. 3) sur la VO2max au niveau de la mer (NM)

- Mais résultats à moduler selon le niveau du sportif:

Buskirk 1967: intérêt de l'hypoxie pour les étudiants UFRAPS *versus* les futurs médaillés à Mexico.

VO2 max avant le stage (l/min)



## II) DONNEES DE LA LITTERATURE

### II. 3) sur la $VO_2$ max au niveau de la mer (NM)

Car la baisse de la  $VO_2$  max en altitude est plus importante chez le sportif de haut niveau

Résultats confirmés par:

Berglund 1992; Burtscher 1996;  
Svedenhag 1997; Gore 1998

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II. 4) sur l'endurance

- Gleser et Vogel 1980 ont montré que les variations d'endurance suivaient celles de la  $VO_{2max}$

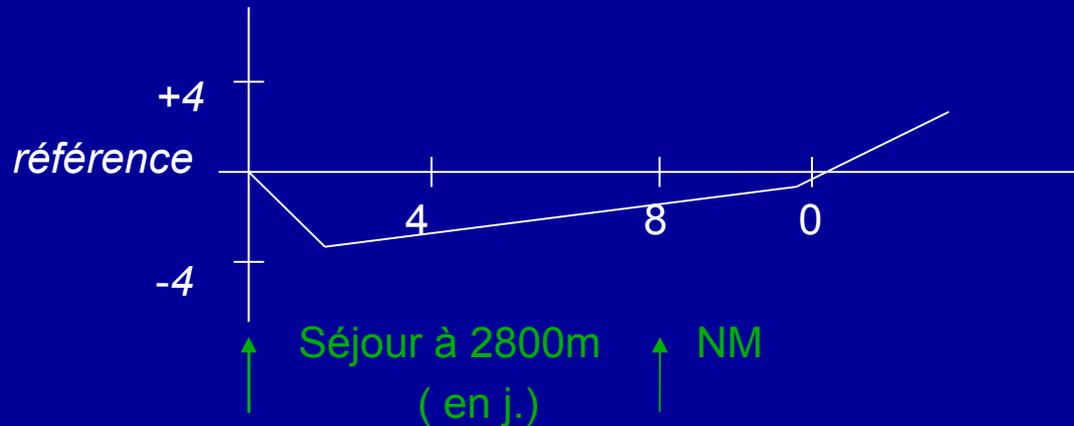
# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II. 5) sur les performances

- En altitude:

Pugh 1967 et Daniels 1979

variation de la performance % (course à pied)



# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II. 5) sur les performances

- En altitude:

↳ Nécessité de l'acclimatation avant les épreuves en altitude

↳ Les performances sont toujours diminuées à cause de la baisse de la VO<sub>2</sub>max qui est relativement importante

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II. 5) sur les performances

- **Au retour au niveau de la mer:**
  - 6 études sans groupe contrôle
    - » 3 amélioration de  $\neq$  4%
    - » 1 ne conclue pas
    - » 2 absence d'amélioration
  - 7 études avec un groupe contrôle au NM
    - » Amélioration moyenne des groupes NM = 4,9%
    - » Amélioration moyenne des groupes altitude = 6,0%

 **absence d'amélioration significative des performances au niveau de la mer après un stage en altitude**

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## synthèse

- 1) ***Pas de consensus*** expérimental pour affirmer qu'un entraînement en altitude serait bénéfique par rapport à un entraînement bien conduit au NM:
  - ni sur la VO2 max
  - ni sur les performances
- 1) Les ***variations individuelles*** +++ sont confirmées, avec le rôle de l'aspect psychologique (être sélectionné pour le stage,...)
- 1) ***Possible rôle délétère***: réduction de la puissance d'entraînement, perte des habilités techniques, survenue de pathologies ORL, digestives, ...



**de nouveaux concepts vont apparaître dans les années 1990**

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut

- Hoppler 1996 Autriche:
  - Effets post-stage:
    - Possibles sur la VO<sub>2</sub>max + 2 à 3% maxi
    - Amélioration de la fonction ventilatoire
    - Améliorations +++ au niveau musculaire, liées à HIF (rôle sur les enzymes, les mitochondries, la myoglobine)
  - Mais:
    - Valable si l'exposition est inférieure à 3-4 semaines
    - Valable que pour les sports aérobies
    - Étude effectuée sur des sportifs amateurs de haut niveau (pour qui le gain est supérieur aux sportifs professionnels)

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut

- Meeuwsen 2001: entraînement d'intensité modérée 2h par j. en hypoxie, pendant 10j., améliore  $VO_2\text{max}$  et performances au NM
- Truijens 2003: entraînement à 2500m. chez des nageurs professionnels n' a pas augmenté les performances au NM

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut

- Roels 2005: « Effects on hypoxic interval training on cycling performance »

*Méthodes:*

33 cyclistes  $VO_{2max} = 66,1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

Répartis en 3 groupes suivant le même programme d'entraînement pendant 7 semaines

Auquel est rajouté 2 sessions par semaine à 90-100% de  $P_{max}$  se déroulant:

- Gr hypoxie: sessions à  $PiO_2 = 100 \text{ mmHg}$
- Gr hypoxie interval training: échauffement et récupération en normoxie, exercice 1h en hypoxie
- Gr normoxie: pour tout la session

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

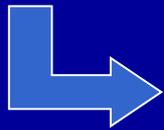
## 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut

Résultats:

	Gr hypoxie	Gr hypoxie interval training	Gr normoxie
<u>Paramètres hémato et VO2max</u>	Pas de modification significative		
<u>Performances de S0 à S4 au NM</u>	+ 3,7%	+ 5,2%	+5,0%
<u>Performances de S5 à S7 au NM</u>	Pas de variation		

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut



*synthèse*

Ce concept n'apporte pas d'augmentation significative des performances et de la VO<sub>2</sub>max par rapport aux groupes contrôles en normoxie

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

« *living high, training low = hilo* »

### 1. Méthode de Levine 1991-1997 USA

dissociation des 2 stress: hypoxie et entraînement

	Groupe contrôle bas-bas (150m)	Groupe hilo (2500m-1250m)	Groupe contrôle haut-haut (2500m)
VO2 max au NM	=	↑ ↑	↑
Performance au NM	=	↑ (Variabilité interindividuelle +++)	=

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

- Augmentation de la performance:
  - Est proportionnelle à  $\nearrow$  de l' EPO
  - N'est pas due à  $\nearrow$  de Hb ou de Ht !
  - Est due à  $\nearrow$  du volume des globules rouges

On a donc la confirmation des études physiologiques effectuées au cours des années 1980

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

## 2. Stray-Gundersen 2001 Norvège:

méthodes:

22 athlètes professionnels

27 j. en vivant à 2500m et en s'entraînant à 1250m

Mesures: Performance sur 3000m course à pieds au NM

VO<sub>2</sub>max au NM

résultats:

Amélioration moyenne de : + 1,1% pour les performances

+ 3% pour la VO<sub>2</sub>max

Par ailleurs ↑ de 1g/dl pour l'Hb (significatif??) alors qu'on observe une augmentation très importante des récepteurs solubles à la transferrine (+ 19%)

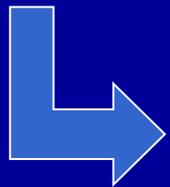
# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

3. Withowski 2001:

« Optimal altitude for living *high* - *training* low »

- inférieur à 2000m. : aucun effet sur l'érythropoïèse
- à 2800m.: effet néfaste de l'acclimatation



altitude optimale entre 2000 et 2500m.

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

#### 4. Myhre 2003:

« EFFECT OF 40 DAYS SLEEPING IN NORMOBARIC HYPOXIA ON TOTAL HEMOGLOBIN MASS IN COMPETITIVE RUNNERS »

*Méthode:* 8 coureurs professionnels  $VO_{2max} = 78,2$  ml/min/kg , exposés 8-10 h par nuit en chambre hypoxique de 1980m à 3650m par paliers

*Résultats:*

- ↗ non significative du VGM
- ↘ non significative du volume plasmatique
- mais ↗ significative de l'Ht

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

### 5. Martin D. 2002:

5 cyclistes professionnels en *hilo* (nuits à 2650m.) pendant 12 nuits versus groupe témoin

Performances mesurée 3j après le retour au NM et comparées aux valeurs pré-stage:

- gain significatif (+2,3%) des *hilo* par rapport au groupe témoin (+ 0,1%) sur un test de 4 min
- Pas de gain sur un test de 30 min

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

*synthèse:*

- Sur le plan physiologique:  
rôle très probable de l'érythropoïèse mais à confirmer
- Sur les performances:  
Hilo avec un entraînement intensif permet une amélioration, et est aussi bénéfique pour les sportifs de très haut niveau

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

Interrogation du CIO: est-ce assimilable à un procédé de dopage??

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

Robach, Richalet 2002-2003 France:

- Vérifier

- ↗ volume des globules rouges ↔ vivre en haut
- s'entraîner normalement ↔ s'entraîner en bas

 ↗ des performances aérobies

- Méthodes

Durant un stage d'entraînement de 18 jours à 1100m  
avec 11 athlètes de haut niveau

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

#### Répartition en:

– Groupe contrôle (n=5) : nuits à 1100m

$VO_{2max} = 59 \pm 9 \text{ ml/min/kg}$

– Groupe hypoxie (n=6) : 6 nuits à 2500m, 6 nuits à 3000m, 6 nuits à 3500m

$VO_{2max} = 62 \pm 4 \text{ ml/min/kg}$

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

- Résultats:
  1. Hématologie

	+ 1j. post stage	+ 15j. post stage
<b>Ht</b> contrôle hypoxie	= ↗	= =
<b>Hb</b> contrôle hypoxie	= ↗	= =
<b>Rétic</b> contrôle hypoxie	= ↘ OU ↘	= ↘

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

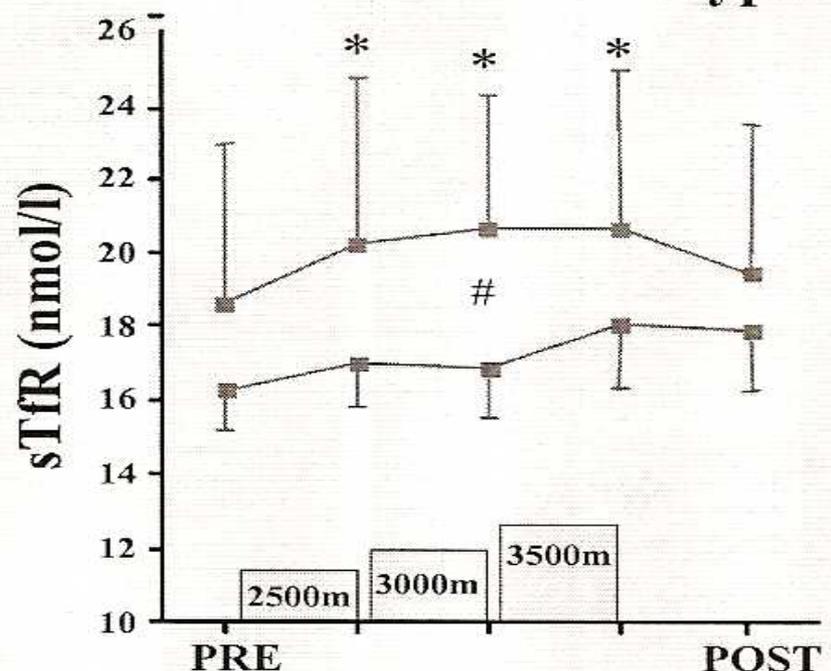
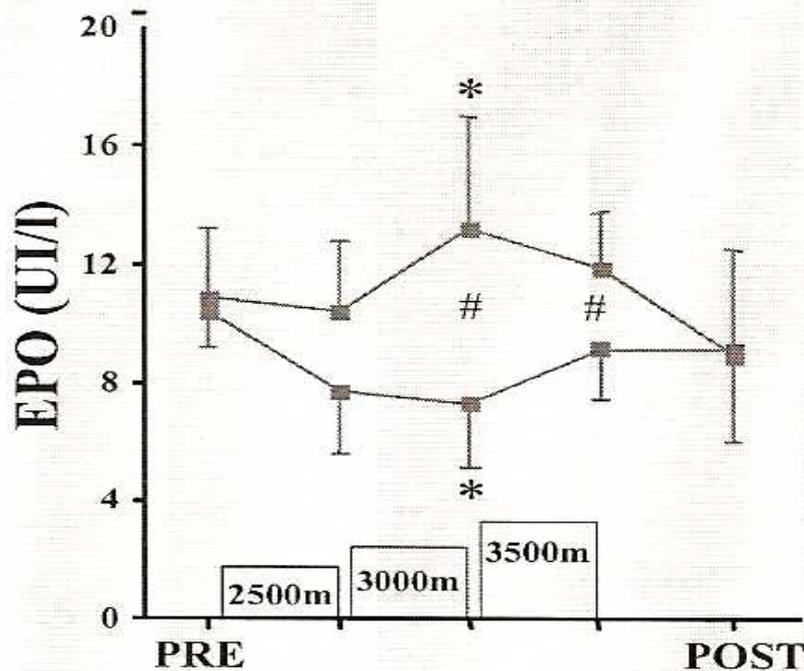
## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

### EPO & Récepteurs de la transferrine

\*P<0.05 vs PRE

#P<0.05 vs CONTRÔLE

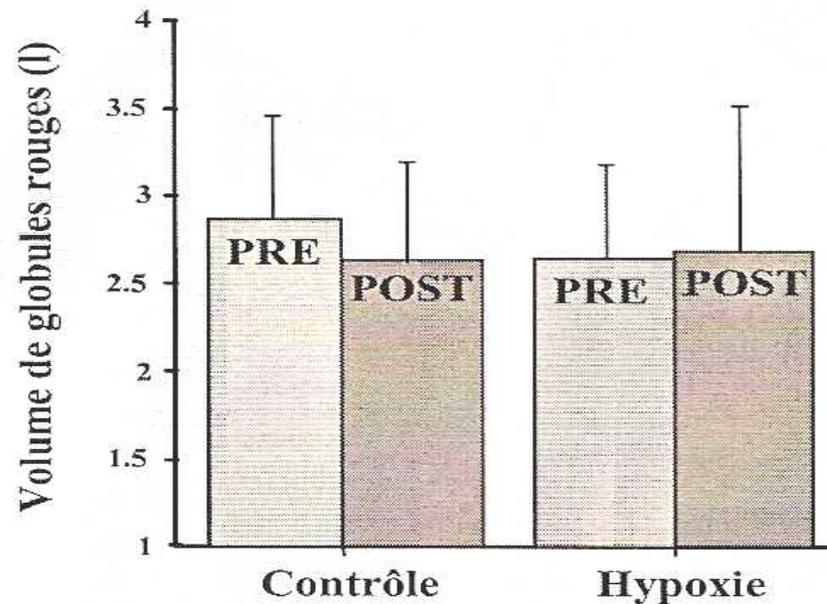
—■— Contrôle  
—■— Hypoxie



### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

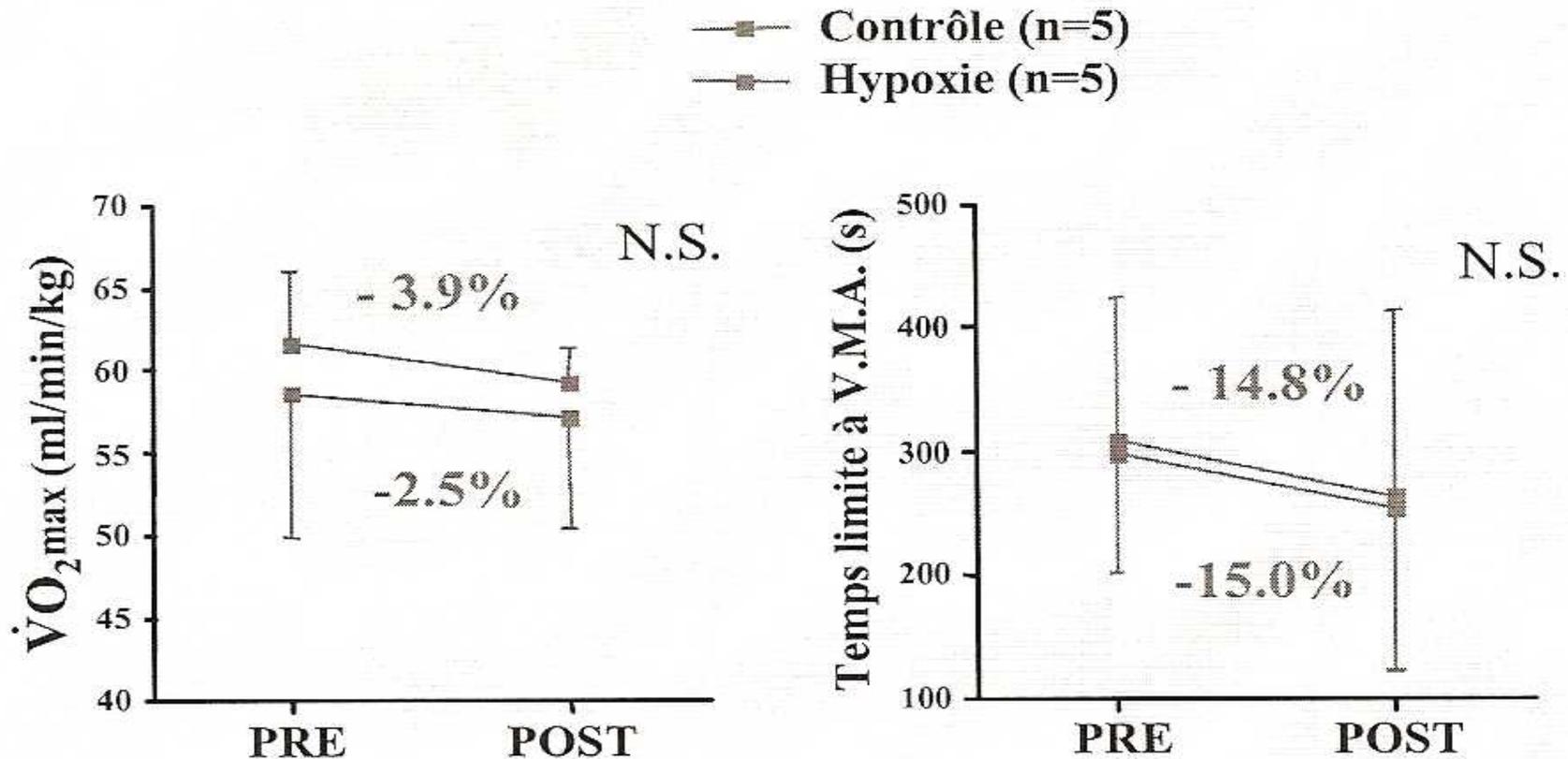
Volume de globules rouges (CO)



# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

### 2. VO<sub>2</sub>max et performances

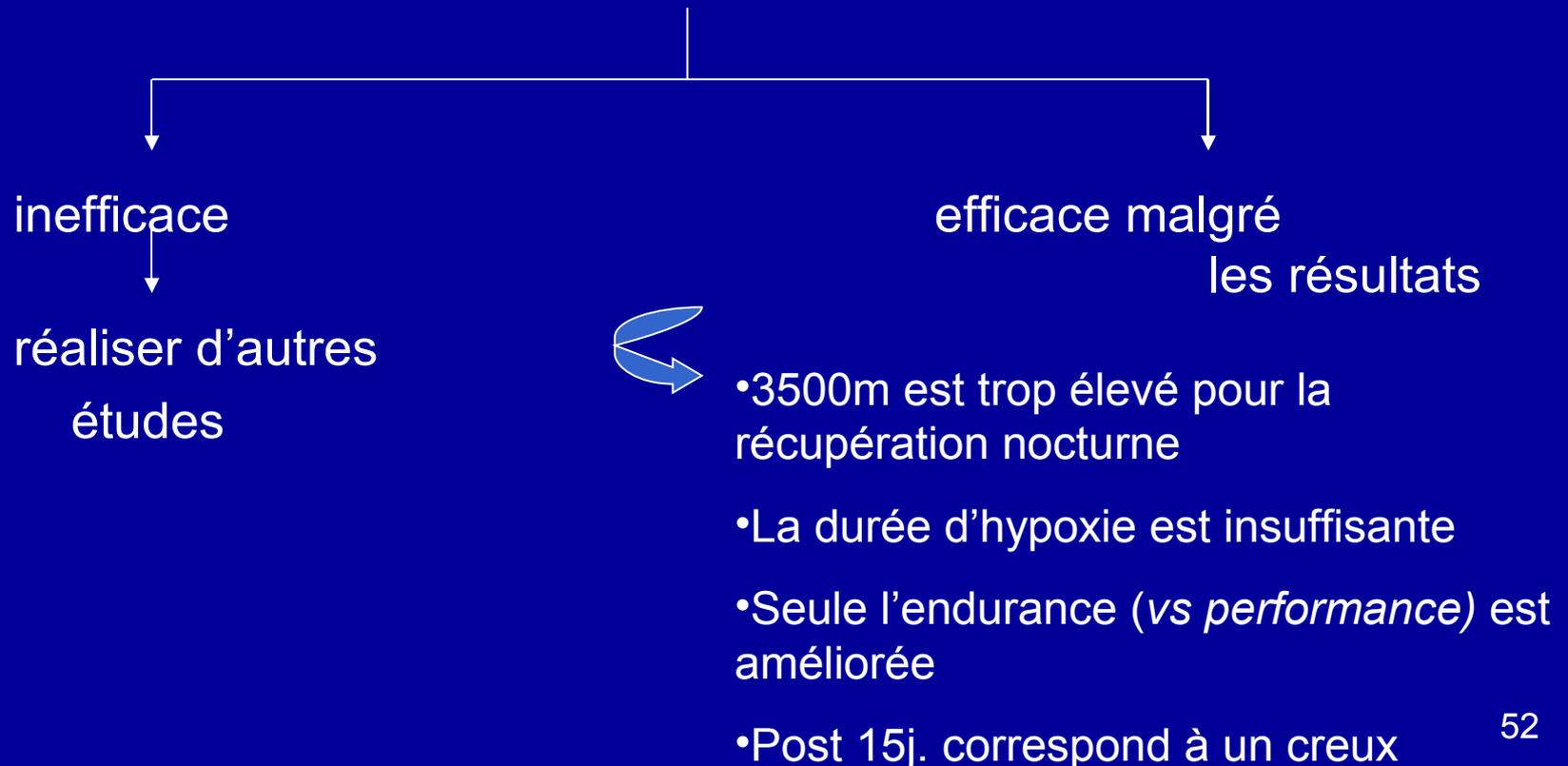


# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

- Conclusions:

Cette méthodologie d'évaluation du concept hilo est soit



# CONCLUSION

## 1. Entraînement et altitude: 2 stress à bien préciser

Rendent difficile l'interprétation des études

Actuellement:

- *Vivre et s'entraîner en haut* ne semble pas profitable aux sportifs de très haut niveau; les variations interindividuelles sont +++
- *Vivre en haut et s'entraîner en bas* serait le plus bénéfique car meilleur contrôle des 2 stress.

# CONCLUSION

Pour le sportif de très haut niveau:

**L'hypoxie ne représente qu'un moyen (ayant des effets néfastes) à n'utiliser qu'une fois les procédés d'entraînement en plaine ne lui permettent plus de progresser.**

# CONCLUSION

## 2. Des perspectives:

- Très prometteuses concernant la recherche au sujet des performances aérobies
- Médicales: rééducation cardio-vasculaire pour les insuffisants coronariens en altitude?

# BIBLIOGRAPHIE

# Entraînement sportif et altitude: quel est le meilleur compromis?

Dumum 2005-2006

Olivier martin

# introduction

- En 1968 se sont déroulés les jeux olympiques a Mexico à 2200 m.

Sportifs et scientifiques se sont alors demandés:

- 1) Comment améliorer les performances pour les épreuves en altitude?
- 2) L'entraînement et/ou la vie en altitude permettent ils d'améliorer les performances au niveau de la mer?

# I) Hypoxie et physiologie

- **Bénéfices**

- $\nearrow$  EPO  $\longrightarrow$   $\nearrow$  Ht et Hb

- Modifications hormonales,  $\nearrow$  GH et inhibition du SRAA,

- et modifications enzymatiques musculaires

- libération d'O<sub>2</sub> aux tissus suite a l'activation des hexokinases et phosphofructokinases

# I) Hypoxie et physiologie

- Inconvénients

- ↘ VO<sub>2</sub> max par

- 1) altération du transfert alvéolo-artériel de l'O<sub>2</sub>

- Œdème interstitiel ↘
- Temps de passage
- Déplacement à droite de la courbe de dissociation de l'Hb ↘

- 1) de la Fc maxi par désensibilisation R β

- 2) déshydratation

# I) Hypoxie et physiologie

- Inconvénients

- Maladies classiques: pathologies ORL, trouble du transit, du sommeil

- / excessive de l'Ht:

- Hypercoagulation

- / résistances périphériques

- Altération de la microcirculation

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## II. 5) sur les performances

- **Au retour au niveau de la mer:**
  - 6 études sans groupe contrôle
    - » 3 amélioration de  $\neq 4\%$
    - » 1 ne conclue pas
    - » 2 absence d'amélioration
  - 7 études avec un groupe contrôle au NM
    - » Amélioration moyenne des groupes NM = 4,9%
    - » Amélioration moyenne des groupes altitude = 6,0%



**absence d'amélioration significative des performances au niveau de la mer après un stage en altitude**

# II) DONNEES DE LA LITTERATURE

## synthèse

- 1) ***Pas de consensus*** expérimental pour affirmer qu'un entraînement en altitude serait bénéfique par rapport à un entraînement bien conduit au NM:
  - ni sur la VO2 max
  - ni sur les performances
- 1) Les ***variations individuelles*** +++ sont confirmées, avec le rôle de l'aspect psychologique (être sélectionné pour le stage,...)
- 1) ***Possible rôle délétère***: réduction de la puissance d'entraînement, perte des habilités techniques, survenue de pathologies ORL, digestives, ...



**de nouveaux concepts vont apparaître dans les années 1990**

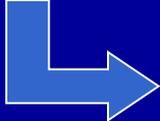
# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut

- Hoppler 1996 Autriche:
  - Possibles sur la VO<sub>2</sub>max + 2 à 3% maxi
  - Améliorations +++ au niveau musculaire
- Meeuwsen 2001:
  - Amélioration significative des performances au retour au NM
- Truijens 2003:
  - Aucune différence par rapport a groupe témoin
- Roels 2005:
  - Performances améliorées de 4% les 5 premières semaines , puis perte du bénéfice

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 1) Vivre en bas, s'entraîner en haut

 *synthèse*

Ce concept n'apporte pas d'augmentation significative des performances et de la VO<sub>2</sub>max par rapport aux groupes contrôles en normoxie

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

« *living high, training low = hilo* »

### 1. Méthode de Levine 1991-1997 USA

dissociation des 2 stress: hypoxie et entraînement

	Groupe contrôle bas-bas (150m)	Groupe hilo (2500m-1250m)	Groupe contrôle haut-haut (2500m)
VO2 max au NM	=	↑ ↑	↑
Performance au NM	=	↑ (Variabilité interindividuelle +++)	=

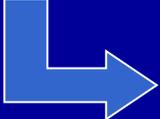
# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

- Stray-Gundersen 2001
  - + 1,1 % sur performances
  - + 3 % sur la VO2 max
  - Rôle primordiale de ↗ des R solubles à la Transferrine
- Withowski 2001
  - Altitude optimale entre 2000 et 2500m
- Martin D. 2002
  - + 2,3 % sur performances en épreuves courtes, pas de gain après 30 min d'effort

### III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

#### 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

 *synthèse*

« *hilo* » semble le meilleur procédé,  
mais le gain reste faible

Interrogation du CIO en 2003: est-ce  
assimilé à un procédé de dopage ??

→ Robach Richalet 2003

# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

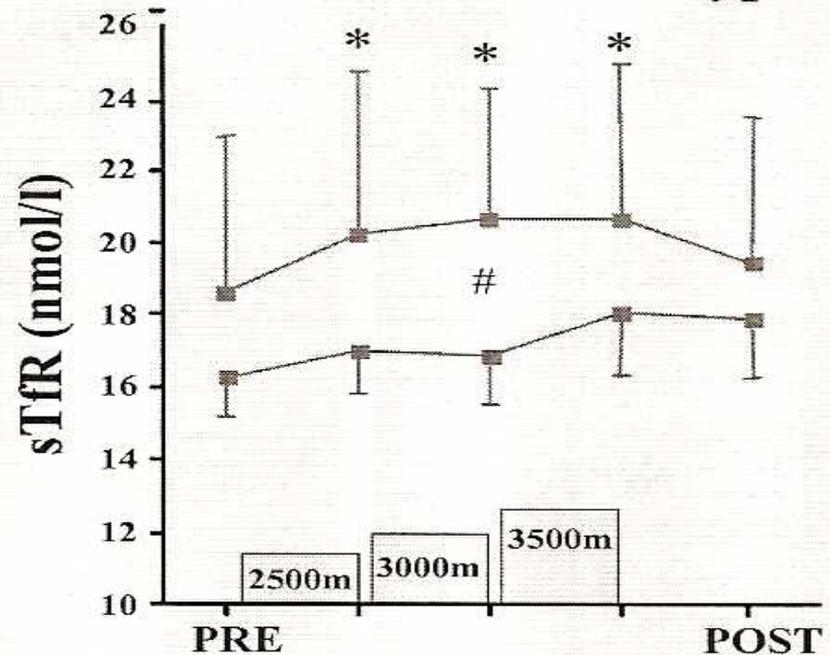
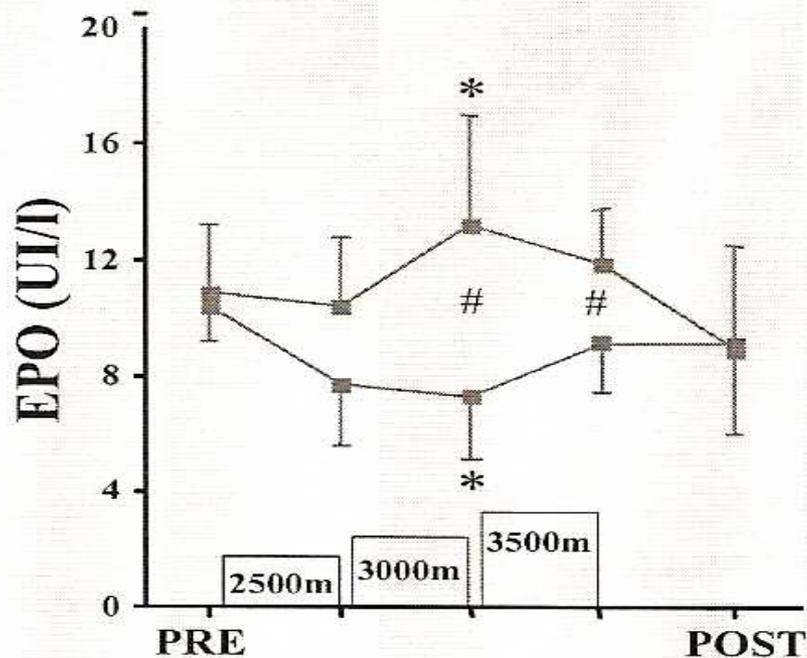
### 1. Sur le plan biologique

#### EPO & Récepteurs de la transferrine

\*P<0.05 vs PRE

#P<0.05 vs CONTRÔLE

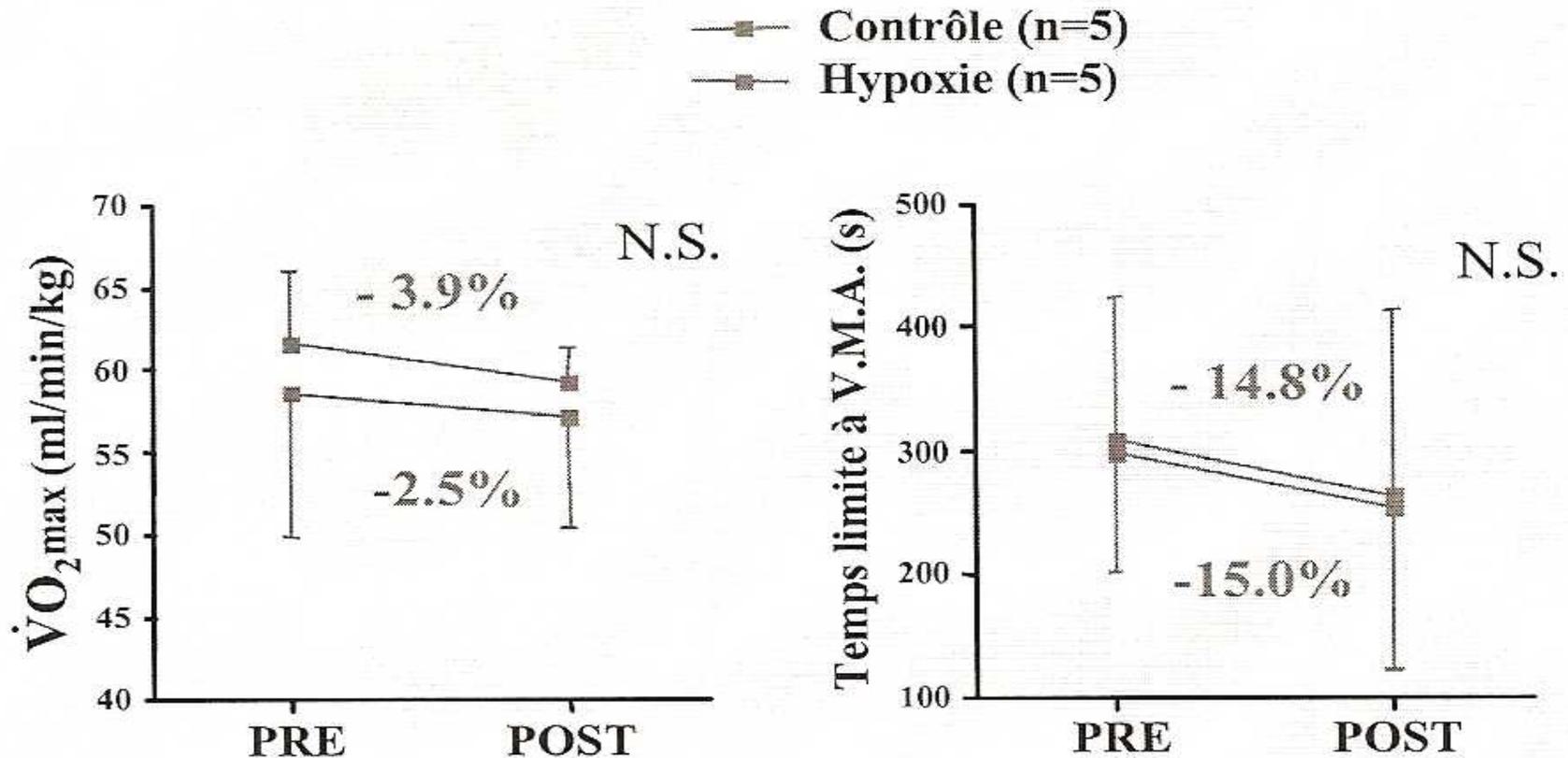
—■— Contrôle  
—■— Hypoxie



# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

### 2. VO<sub>2</sub>max et performances

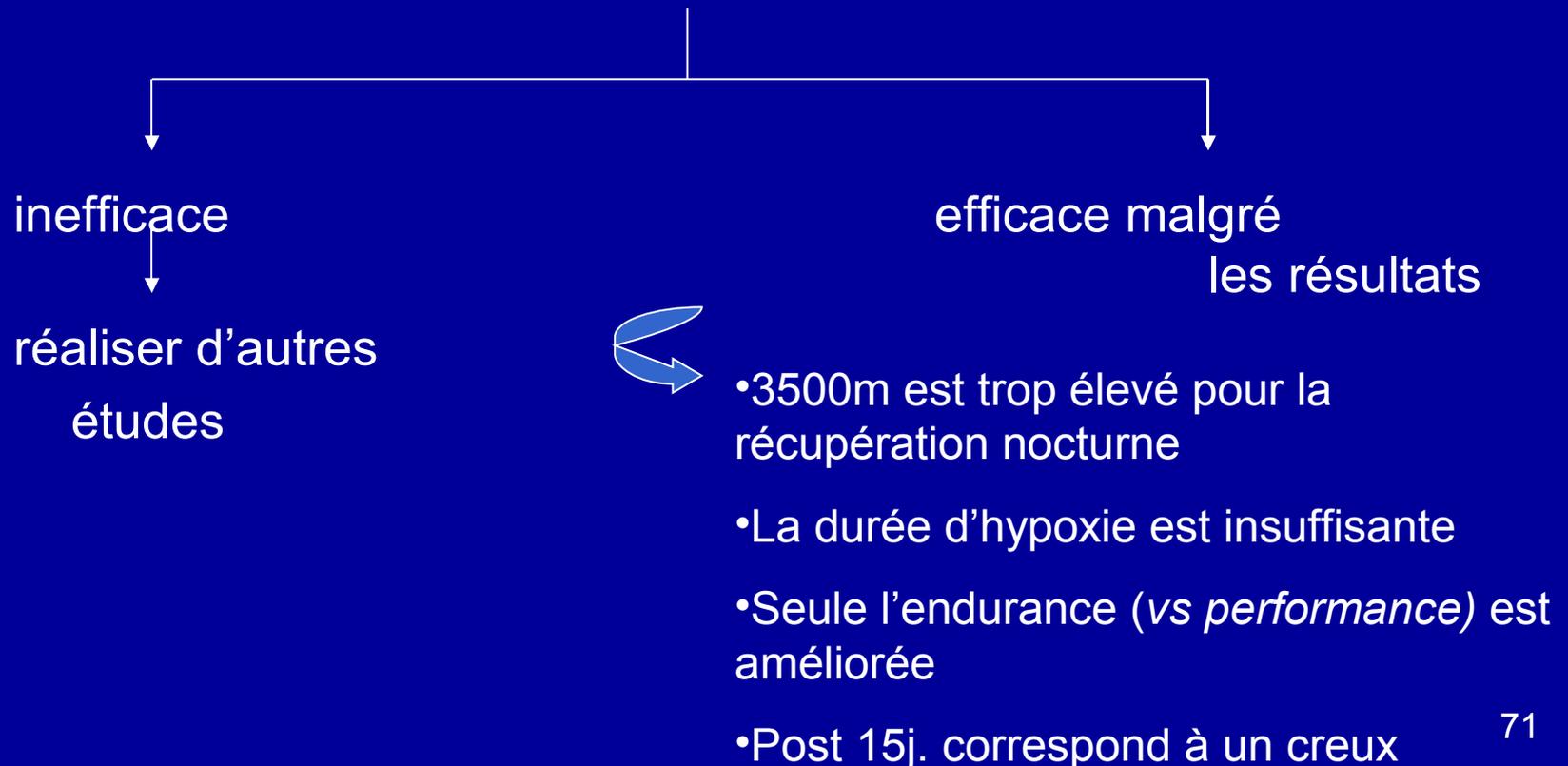


# III) CONCEPTS DES MODES DISSOCIATIFS

## 2) Vivre en haut, s'entraîner en bas

- Conclusions:

Cette méthodologie d'évaluation du concept hilo est soit



# CONCLUSION

1. Pour le sportif de très haut niveau:

**L'hypoxie ne représente qu'un moyen (ayant des effets néfastes) à n'utiliser qu'une fois les procédés d'entraînement en plaine ne lui permettent plus de progresser.**

# CONCLUSION

## 2. Des perspectives:

- Très prometteuses concernant la recherche au sujet des performances aérobies
- Médicales: rééducation cardio-vasculaire pour les insuffisants coronariens en altitude?