

Alimentation en altitude



J.-P. Richalet

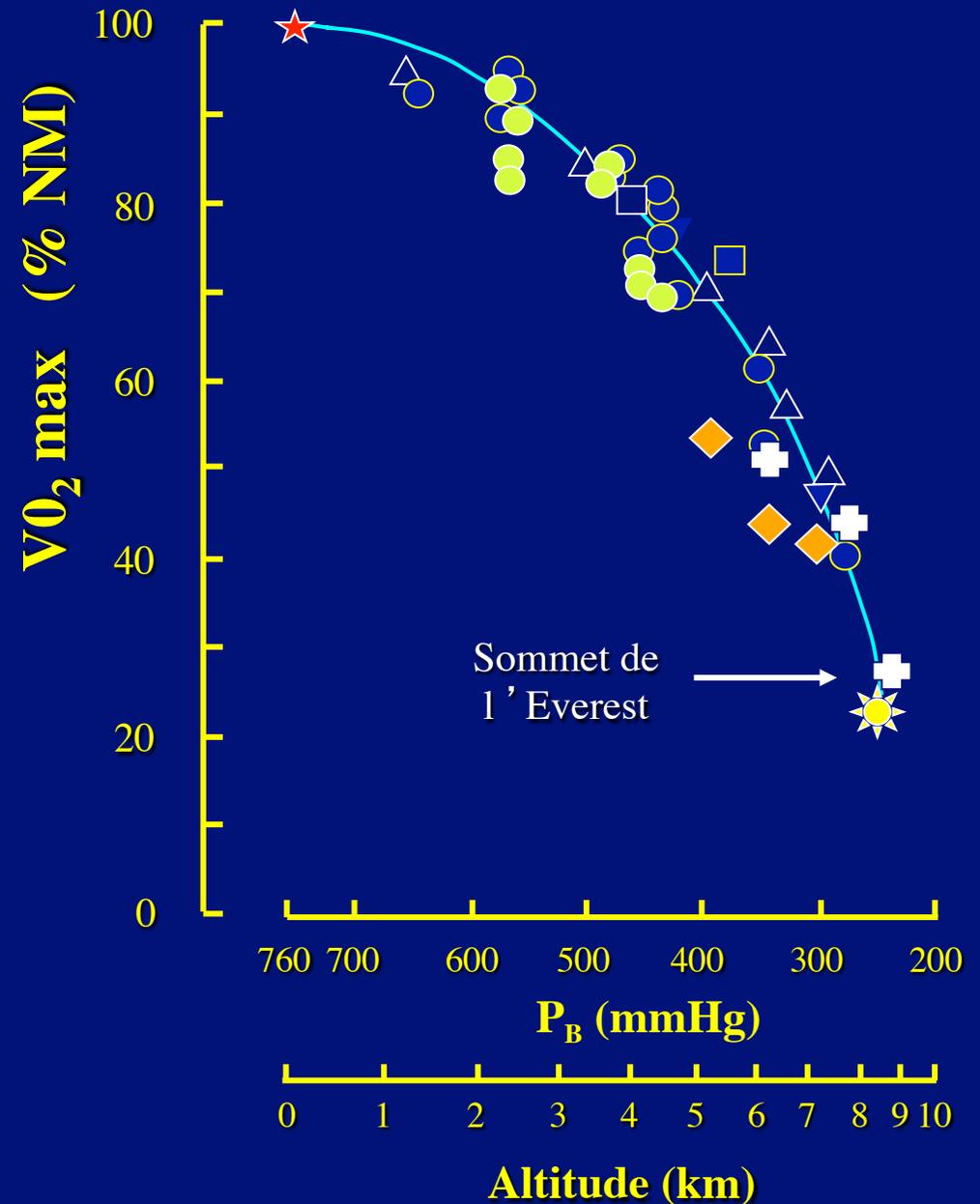
Les conclusions de L.G.C.E Pugh en 1954

*Himalayan rations with reference to the 1953 Expedition to mount Everest (1954).
Proceedings of the Nutritional Society*

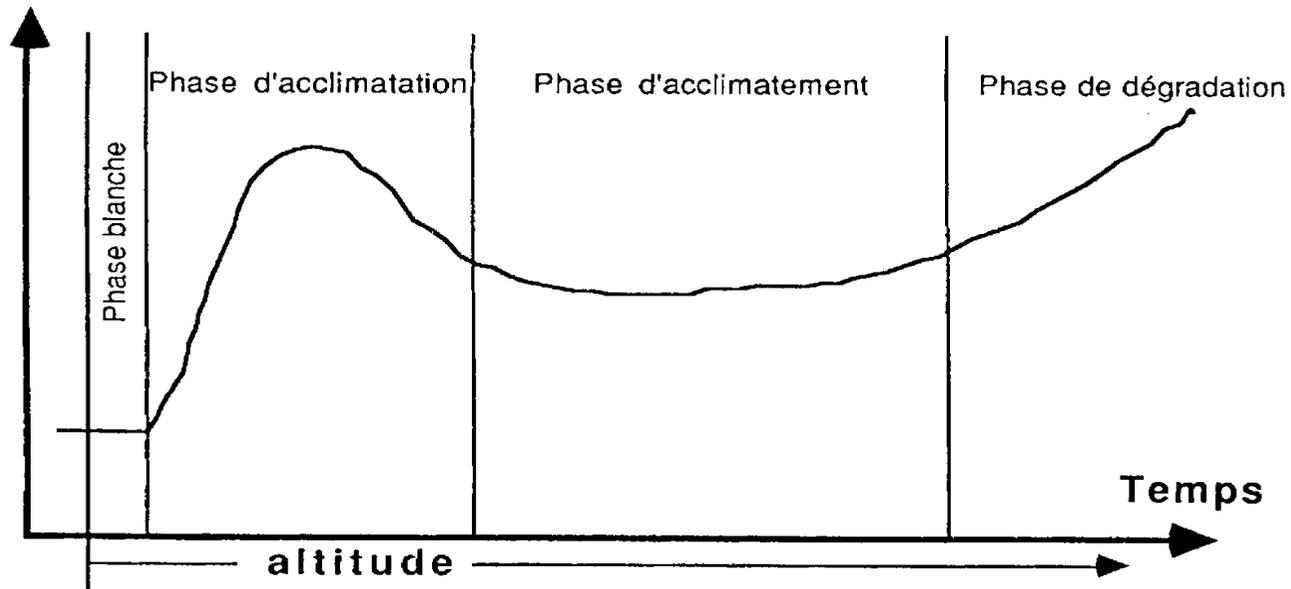
- « Même les hommes qui ne raffolent pas du sucre au niveau de la mer, trouvent que leur consommation de sucre augmente au fur et à mesure qu'ils sont plus haut »
- « L'augmentation de l'appétit pour le sucre à haute altitude a une justification physiologique en termes de respiration »
- « Houston (1947) fit remarquer qu'à 6000 m, l'effet sur la pression en oxygène capillaire d'une élévation du QR de 0.8 (régime mixte) à 1 (glucides exclusifs) serait l'équivalent d'une réduction d'altitude de 600 m »

La puissance maximale
aérobie (VO_2max)
diminue avec l'altitude

*Quels sont les facteurs
limitants de la performance ?*



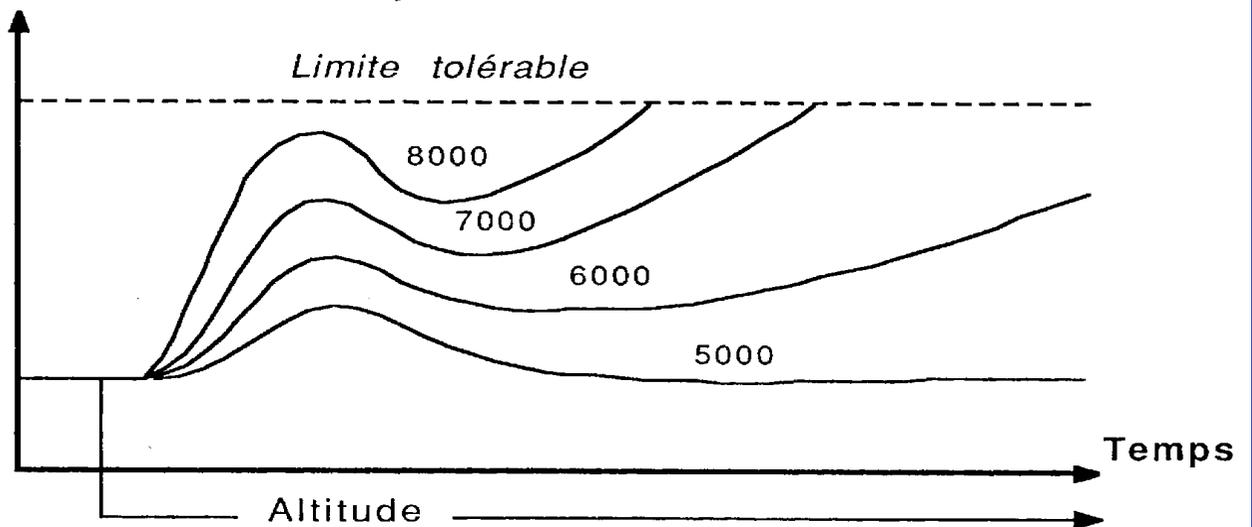
Signes de maladaptation



Les différentes phases d'adaptation à la haute altitude

... en fonction de l'altitude.

Signes de maladaptation



MAM Mal aigu des montagnes

• Signes cliniques

- Céphalées
- **Nausées, anorexie**
- Insomnie
- Vertiges

- Céphalées résistantes aux antalgiques (aspirine, paracétamol)
- **Vomissements**

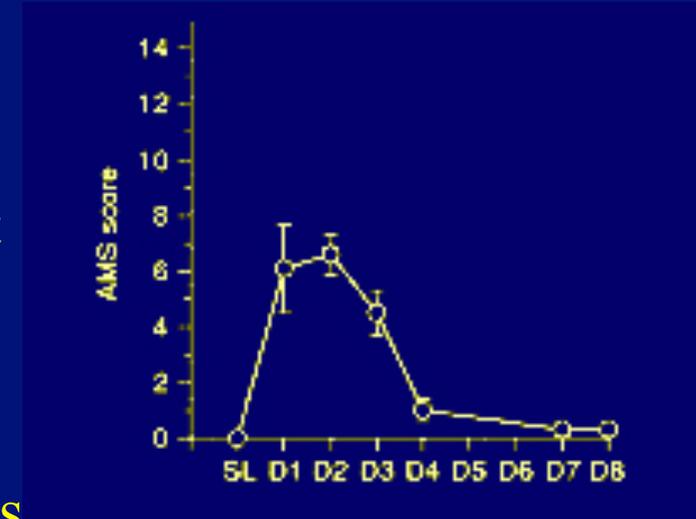
- Dyspnée de repos
- Fatigue anormale ou trop intense
- Diminution de la diurèse

1 point

2 points

3 points

Score de Hackett: entre 1 et 3 points MAM léger
 entre 4 et 6 points MAM modéré
 au delà de 6 points MAM sévère



L' alimentation en haute altitude

Les contraintes:

Exercice de longue durée

Thermogenèse: lutte contre le froid

Hypoxie: modifications du métabolisme

Contingences matérielles:

 poids / encombrement

 résistance au froid / chaud

 préparation facile

Déshydratation

Goût et aspects psychologiques, variété

Altitude et perte pondérale

Amaigrissement

- Même si alimentation *ad libitum*
- Rapide (dès le premier jour)
- Variable selon les individus
[5 - 10%] en 1 à 2 mois
- Débute à 200 g/j environ
- Touche masse maigre et masse grasse (proportions variables selon études)



Mt Sajama, Bolivie, 1991

Expédition

de 5 semaines au delà de 4500m:

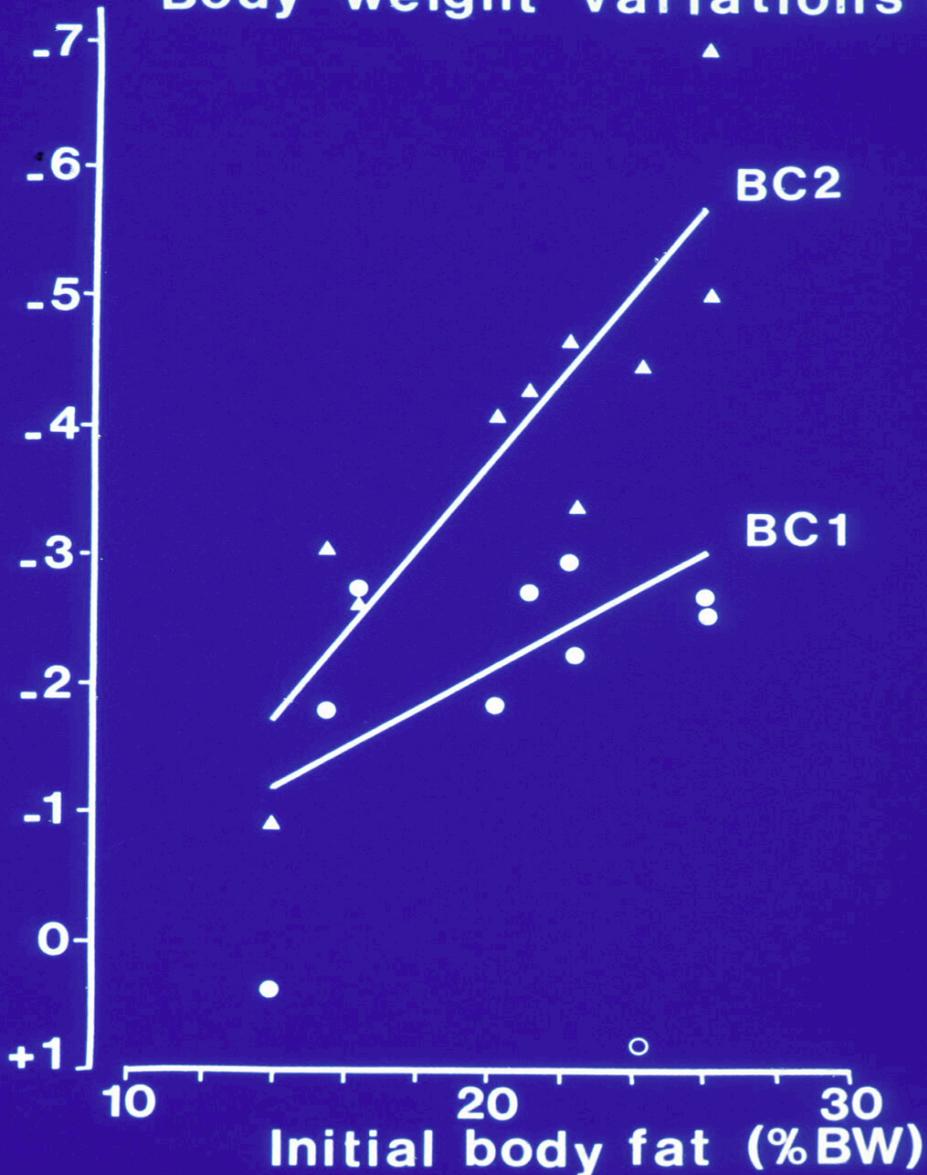
Perte de poids corporel
en moyenne: 2,7 kg (de 1 à 9 kg)

Baisse du % de masse grasse:
de 19,4% à 17,2% : - 2,2%

Baisse du tour de cuisse:
de 50,4 à 47,6 cm : -2,8 cm
(de 1 à 5 cm)

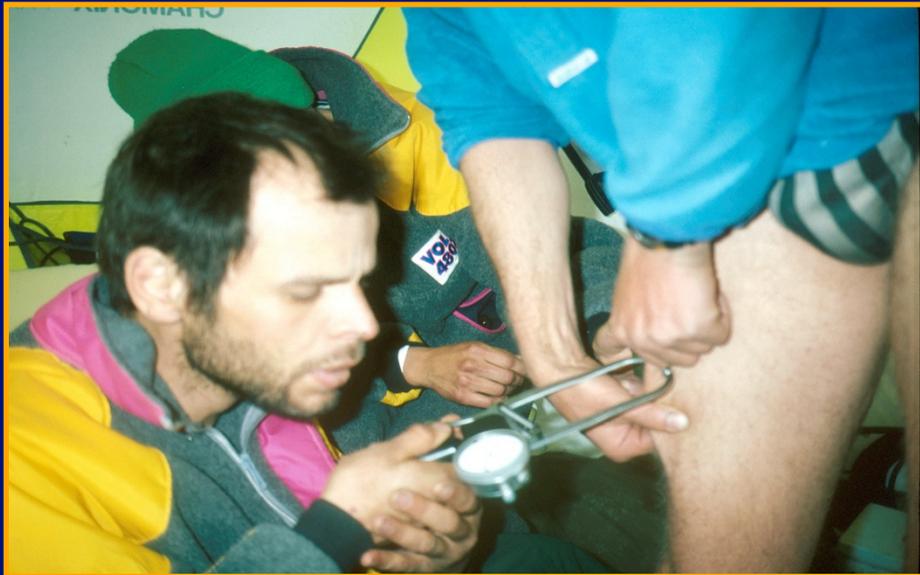
La perte de poids est d'autant plus importante que le poids et la masse grasse sont élevés avant de partir...

Body weight variations (Kg)

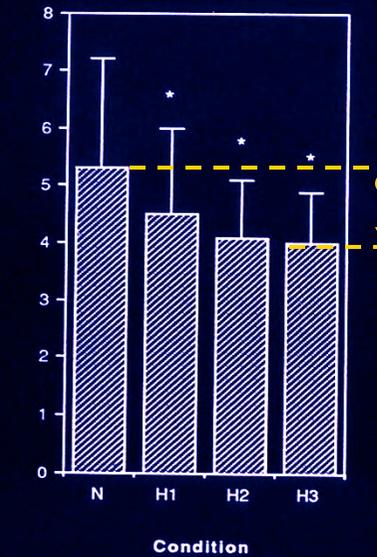


Perte de masse grasse :

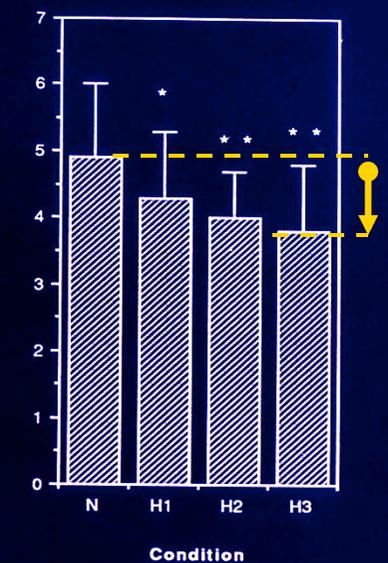
- membres supérieurs $\approx - 20\%$
- membres inférieurs $\approx - 35\%$



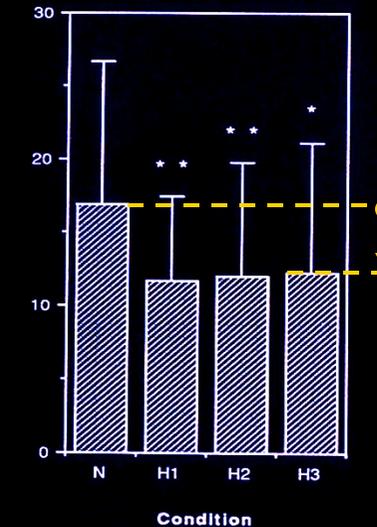
mm Arm - anterior



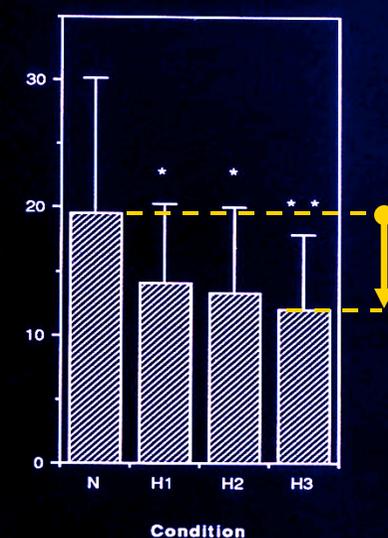
mm Arm - posterior



mm Thigh - anterior

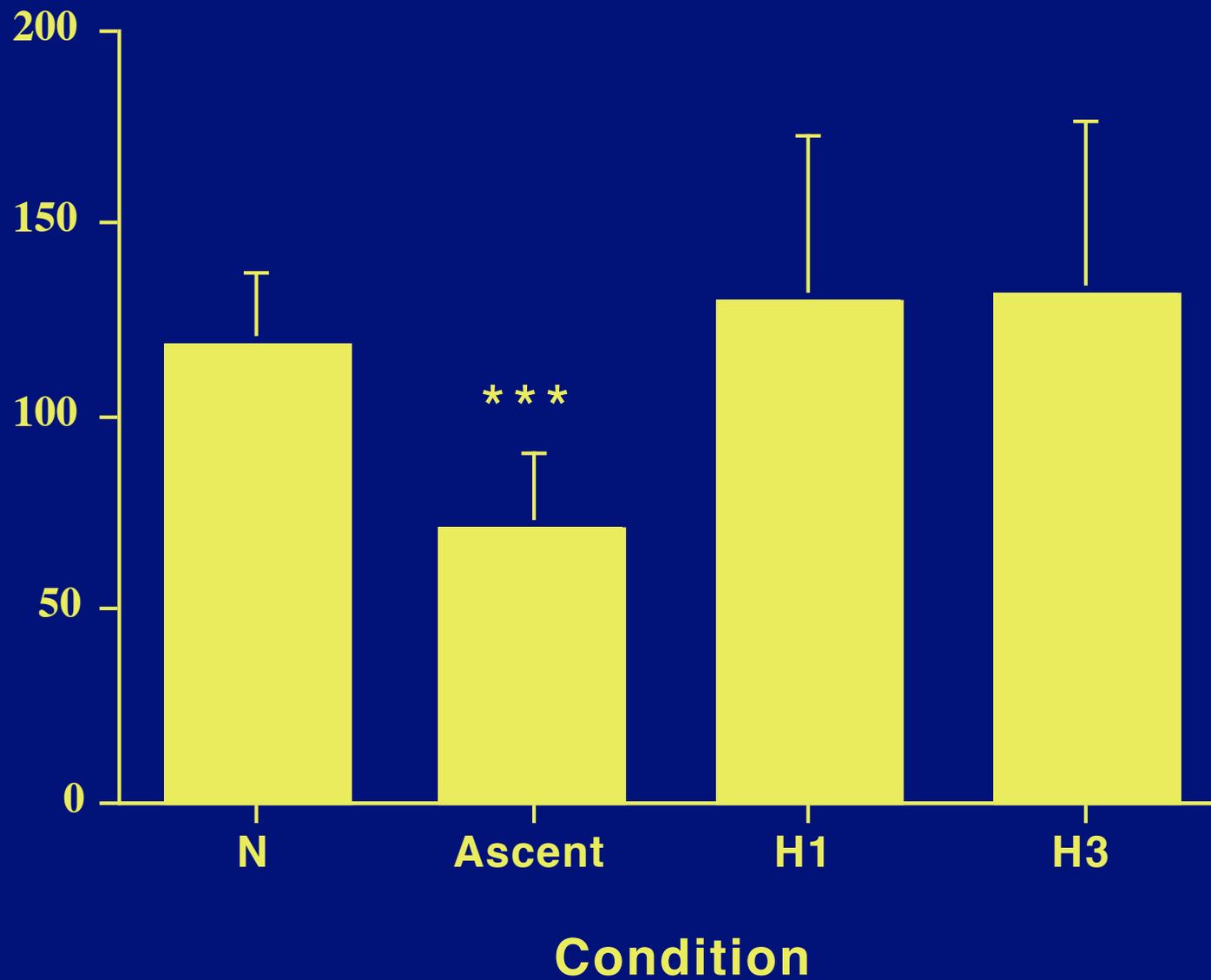


mm Thigh - posterior



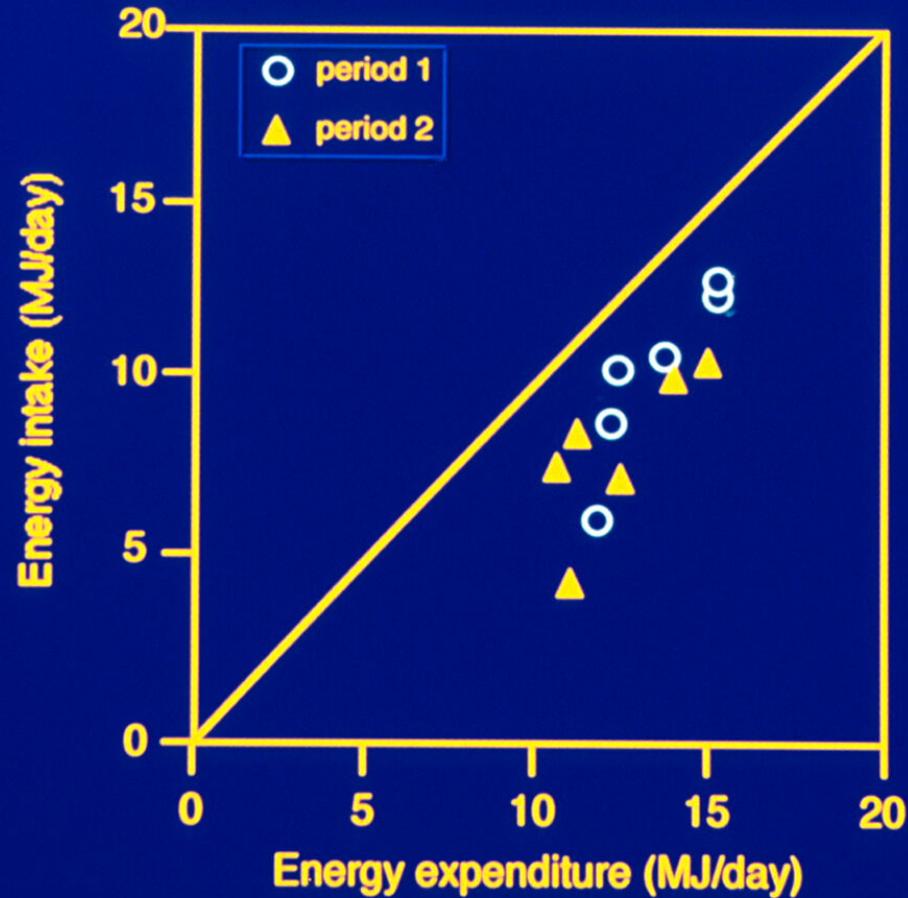
Westerterp et al., J Appl Physiol 1994

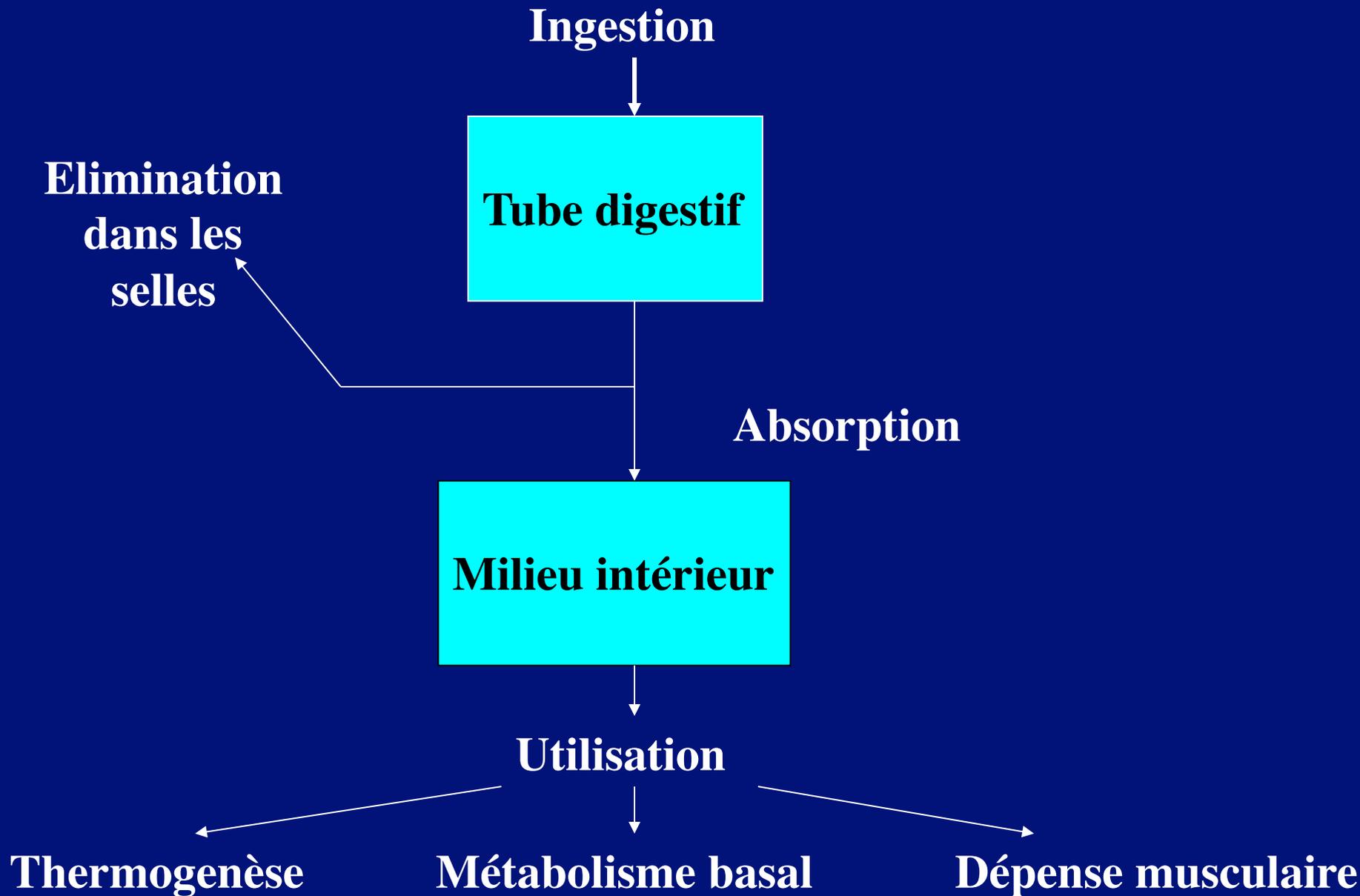
Caloric intake (J / kgBW / day)



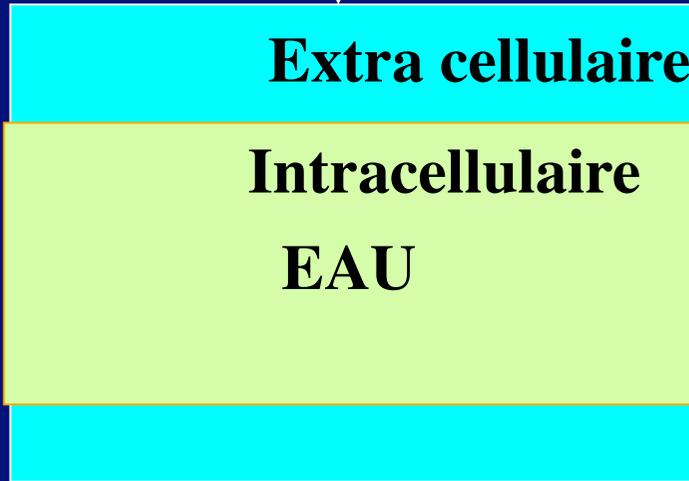


Energy balance during period 1 and 2





Apports hydriques
(5 l/j)



Pertes

Sudation
3 l/j

Ventilation
1 l/j

Urines
1l/j

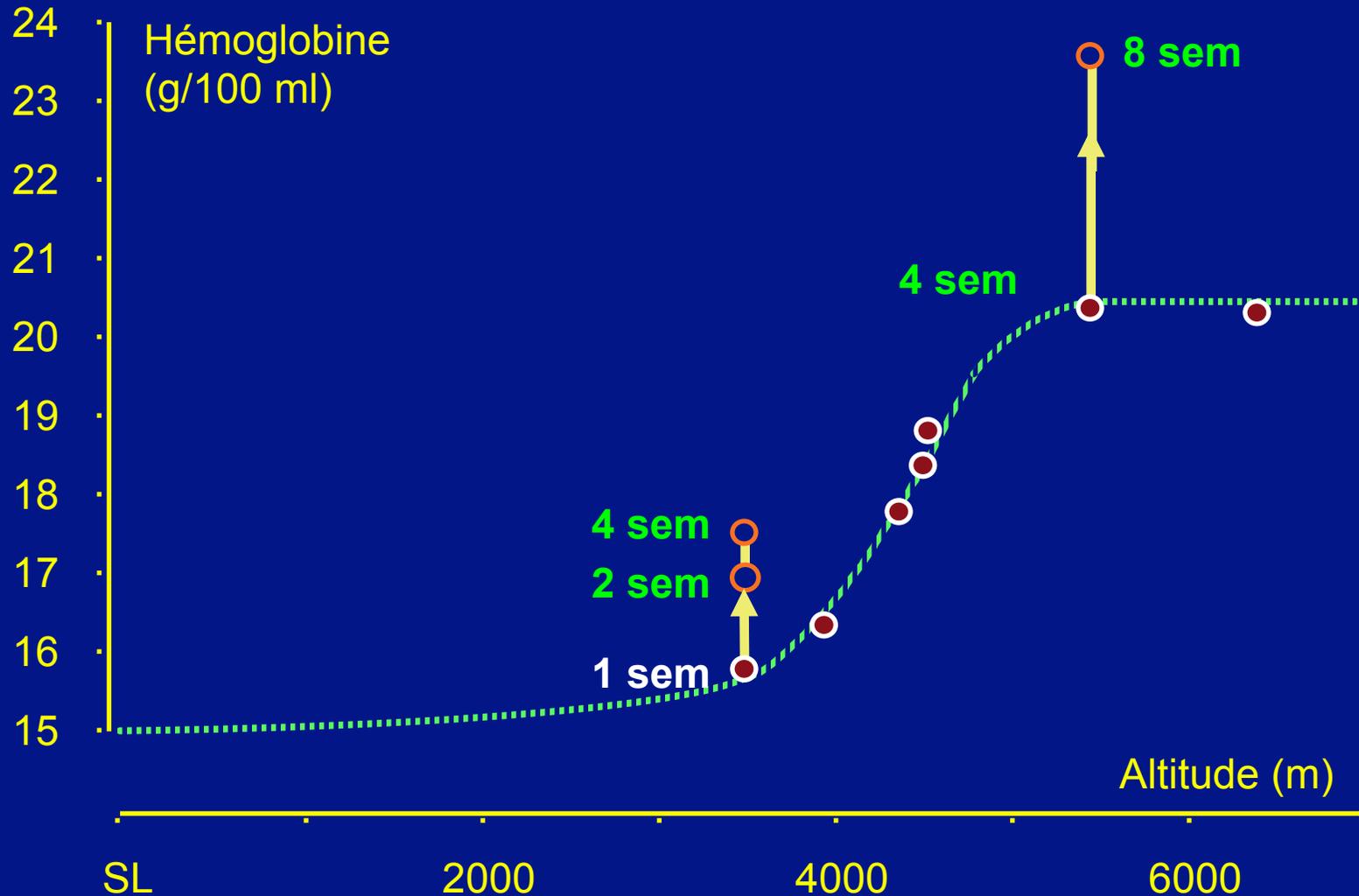
Exercice

Hypoxie

Exercice



Concentration d' hémoglobine en fonction de l' altitude et de la durée du séjour



Erythropoïèse et facteurs nutritionnels

Des facteurs nutritionnels interfèrent avec la production de globules rouges, car des substrats sont nécessaires pour l'érythropoïèse :

fer et folates

- Le nb de GR et les stocks de fer doivent être vérifiés avant un séjour prolongé en altitude (3 semaines ou plus au delà de 3500 m):
 - » hematocrite > 40 %
 - » hemoglobine > 14 g/dl
 - » ferritine sérique > 50 µg/l
- Les femmes sont plus à risque car elles ont des stocks de fer plus limités

EXERCICE EN ALTITUDE

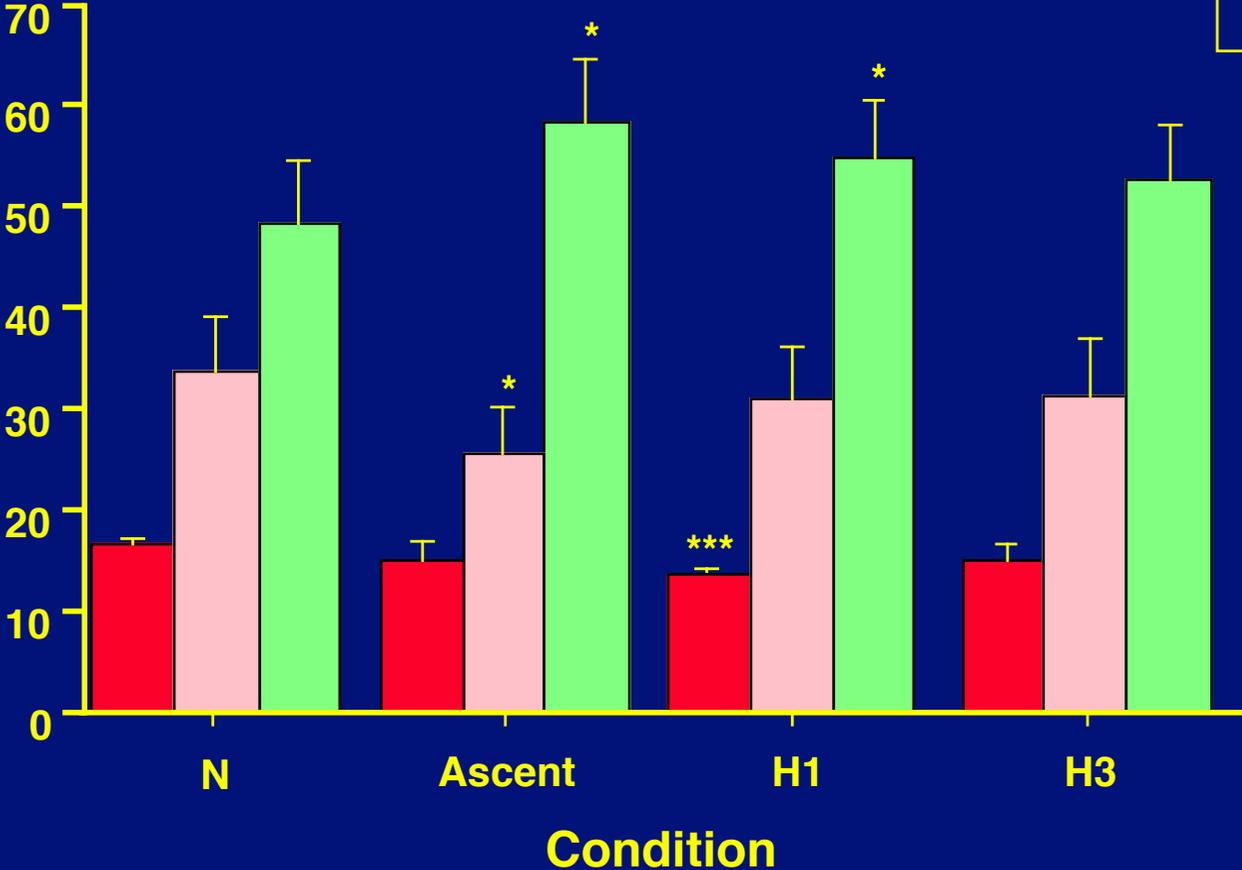
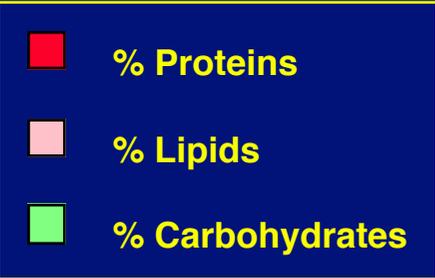
=

Négativation du bilan *calorique*

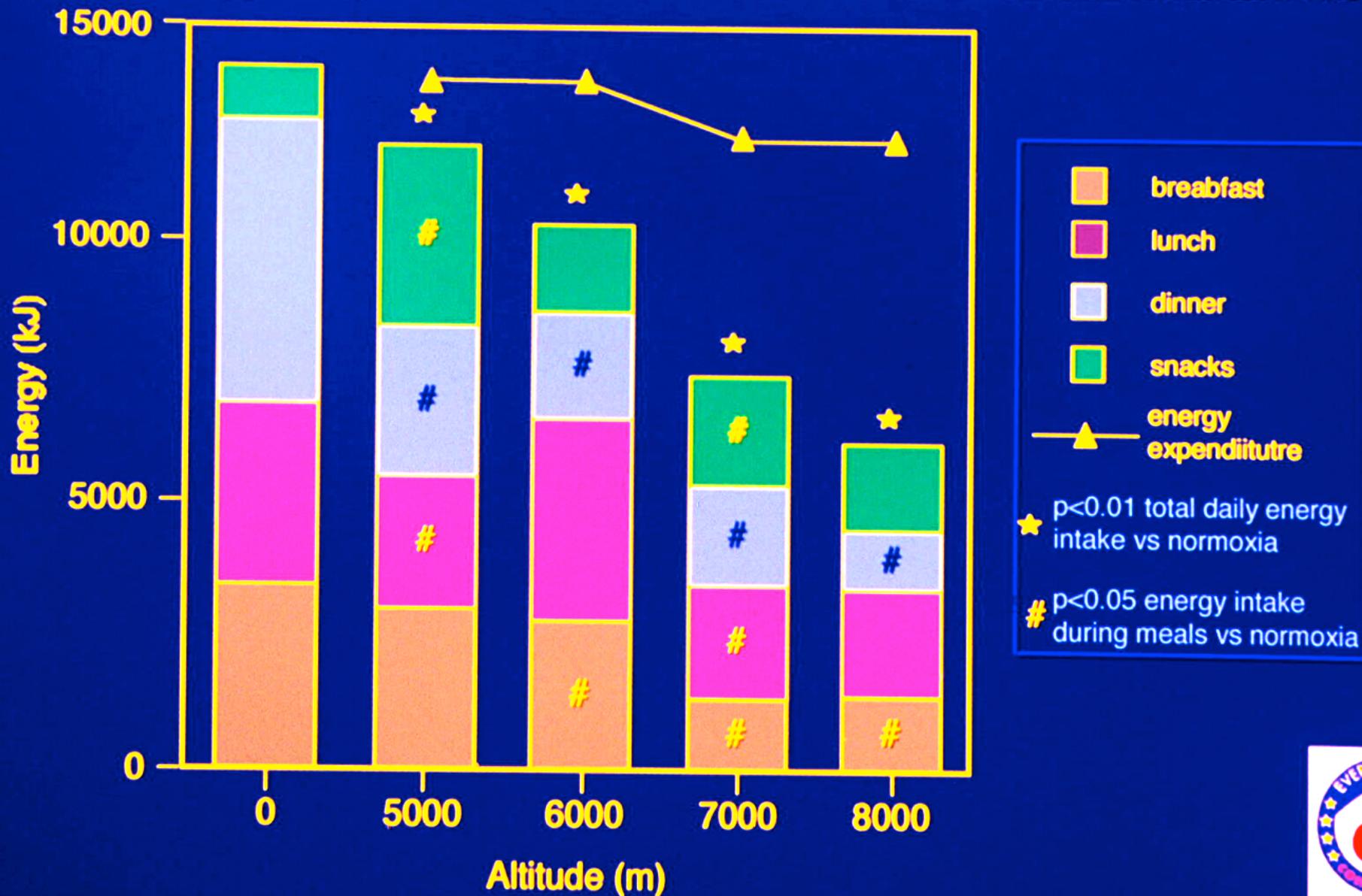
+

Négativation du bilan *hydrique*

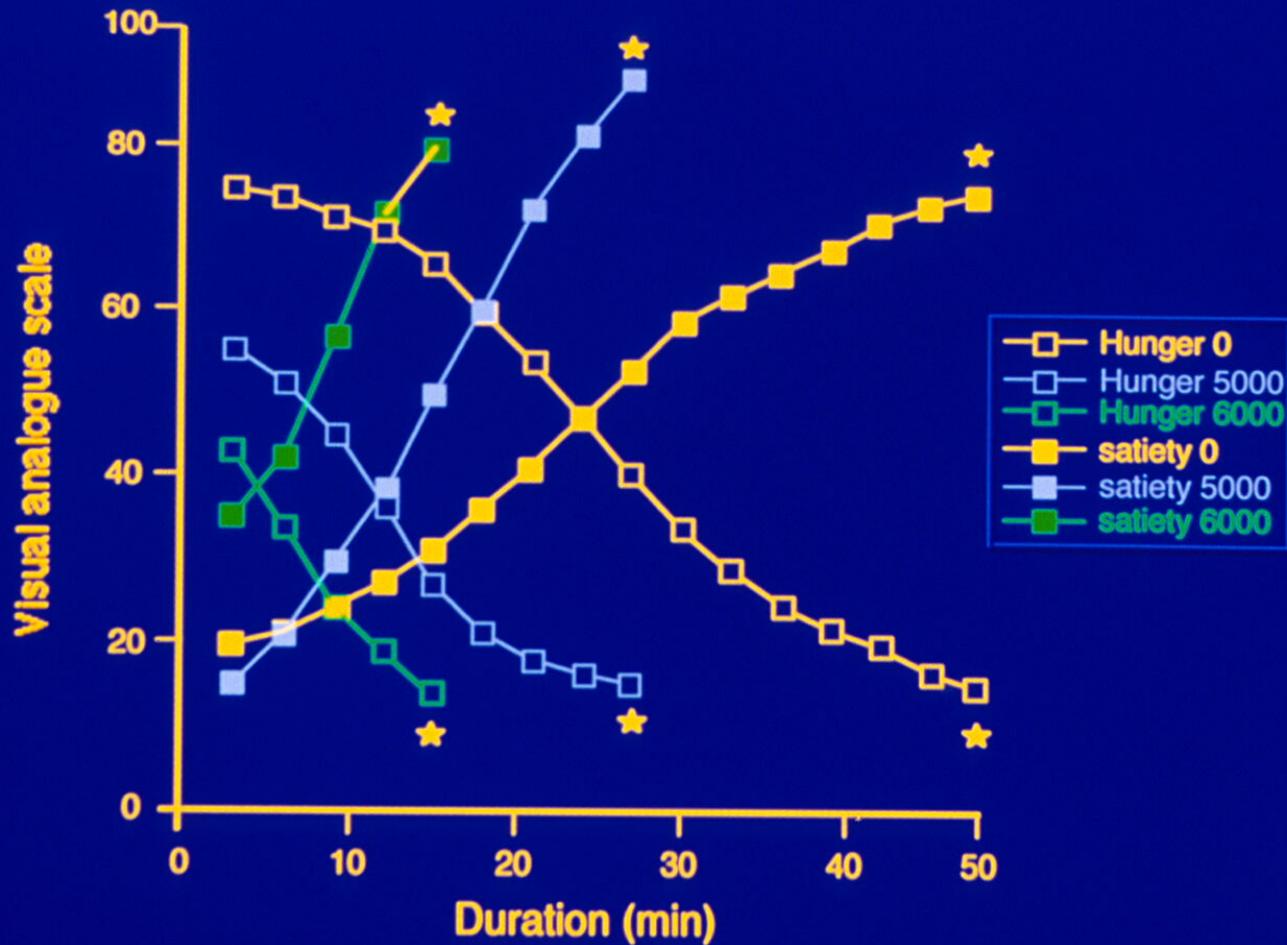
Percent of nutrients in diet



Energy intake at different eating occasions and energy expenditure at different simulated altitudes



Appetite during dinner at different altitudes





Influence de l'altitude sur les seuils de sensibilité aux principales saveurs

Méthode

- 7 dilutions de chaque saveur étaient préparées
 - Solution salée (NaCl)
 - Solution acide (acide citrique)
 - Solution amère (caféine)
 - Solution sucrée (saccharose)
- Sujets entraînés à distinguer les saveurs
- Ordre de présentation randomisé
- Evaluation à : **niveau de la mer, 5500 m, 6500 m**

Principal résultat

- Sensibilité à l'amer 8 fois plus élevée à 6500 m qu'au niveau de la mer

Hypophagie en altitude : hypothèses mécanistiques évoquées

- **Très variées, peu de démonstration à ce jour**
- **Centrales**
 - **mal des montagnes**
 - **neuromédiateurs : NPY...**
- **Périphériques**
 - **hormones gastriques : CCK (↑), ghrelin (↓)**
 - **vidange gastrique (↓)**
 - **activation du SNS => glycogénolyse (↑) et lipolyse (↑)**
=> afflux de substrats
 - **hypersécrétion réactionnelle de leptine**



Caractéristiques du comportement alimentaire en altitude

- **Hypophagie relative avec négativation du bilan énergétique**
- **Préférences (transitoire) pour les glucides**
- **Réduction de la taille des repas (surtout déjeuner et dîner)**
- **Augmentation plus rapide du rassasiement**
- **Fractionnement (= augmentation de la fréquence des repas) de 4 ± 1 à 7 ± 1 quotidien**
- **Perte d'intérêt pour la nourriture (= désir de manger) aux très hautes altitudes avec persistance des sensations de faim**

Les Glucides

STOCK FAIBLE Foie: 100 g
Muscle 400 g

500 g
2 000 kcal

Avantages

Utilisés à proximité de VO_2max : utilisation augmente avec l'altitude

Consomment moins d' O_2 : 1 mole d' O_2 donne 120 kcal avec glucides

100 kcal avec lipides

20 kcal avec protides

Amélioration controversée des performances physique et psychiques

sous régime avec 70% de glucides, et diminution des signes de MAM

Inconvénients

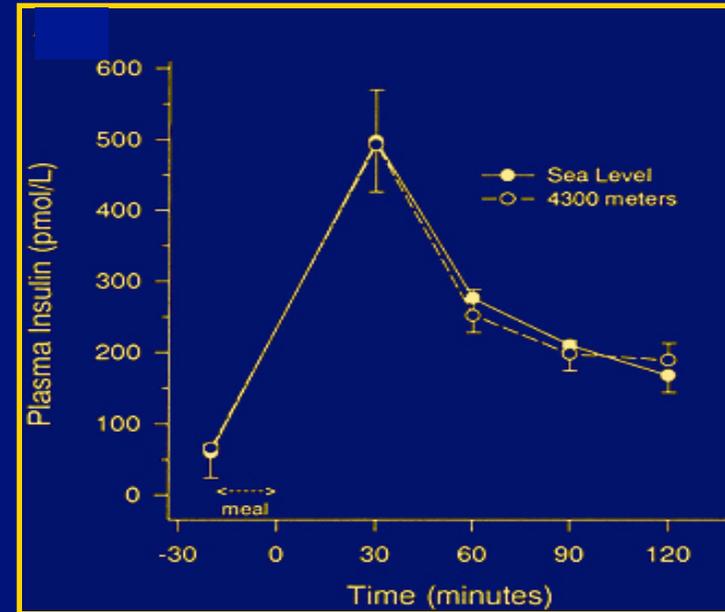
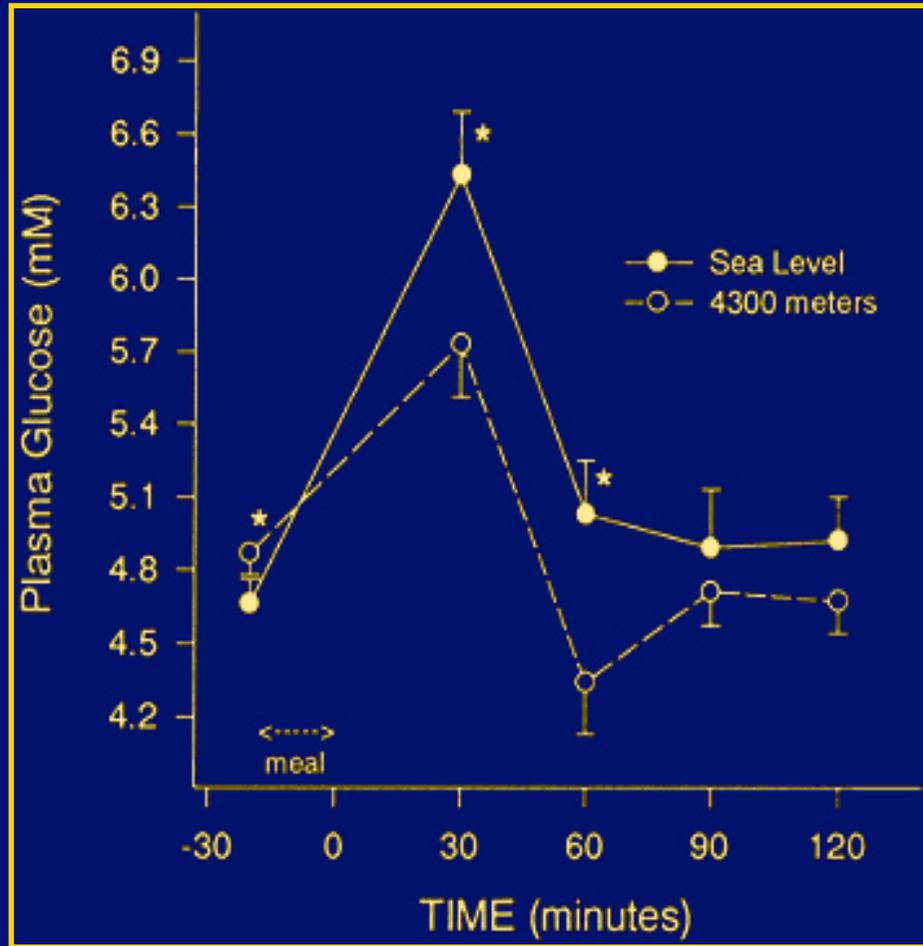
Régime hyperglucidique mal toléré: troubles du transit

Rapport énergie / poids défavorable: 4 kcal / g

Risques d'hypoglycémie avec les glucides rapides

Glycémie et insulinémie en altitude

Durant l'intervalle postprandial



Les Lipides

STOCK IMPORTANT: 11kg = 100 000 kcal

Avantages

Lutte contre le froid ? En fait régime hypercalorique nécessaire

Rapport énergie/ poids favorable : 9 kcal / g

Substrat privilégié de l'exercice de longue durée sous-maximal

Utilisation augmentée en hypoxie, car hyperactivité adrénérgique stimule la lipolyse.

Inconvénients

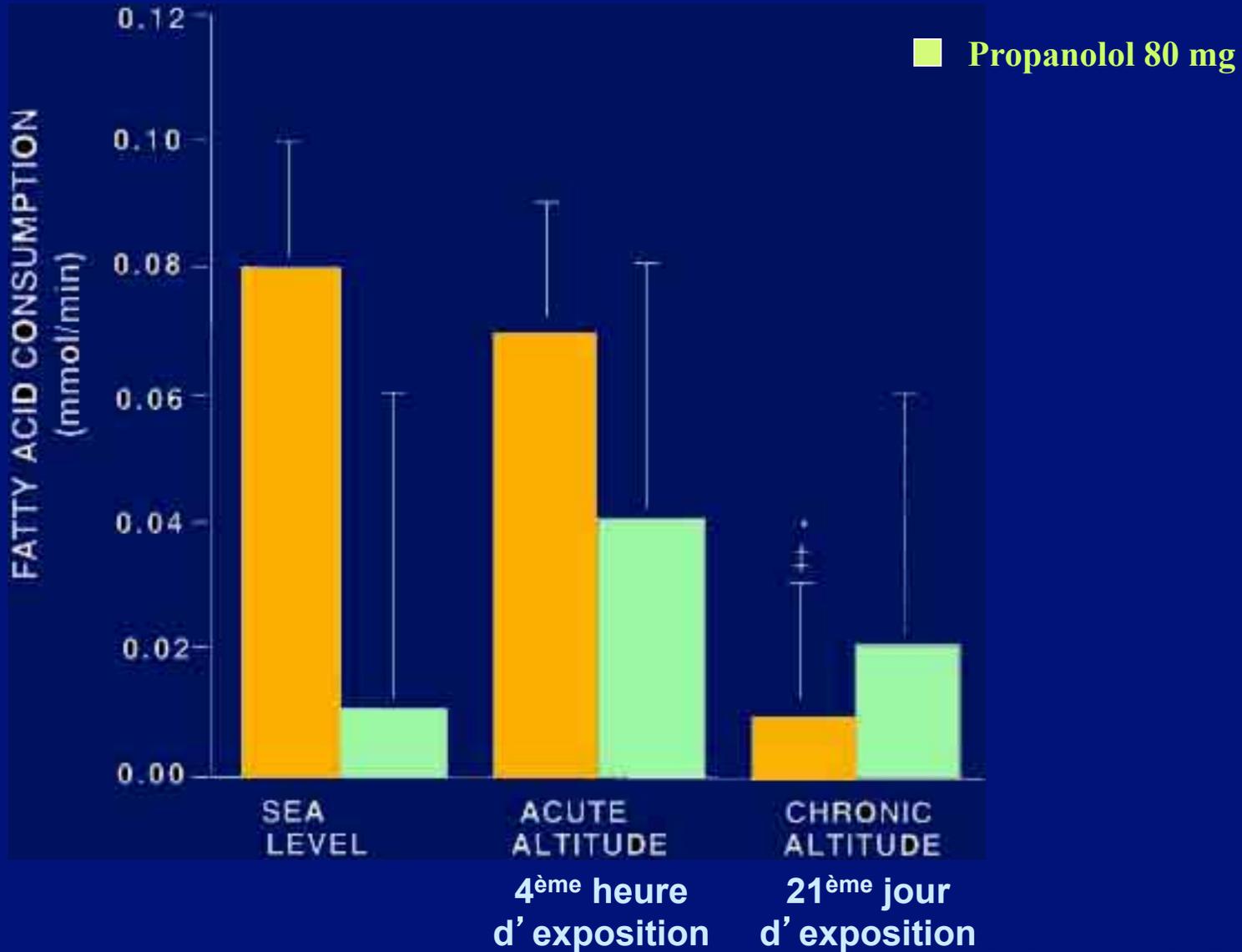
Dégoût pour les graisses, variable en fonction du temps

Baisse de l'absorption intestinale en très haute altitude

Consomment plus d'O₂ que les glucides

Sont pauvres en eau : déshydratation

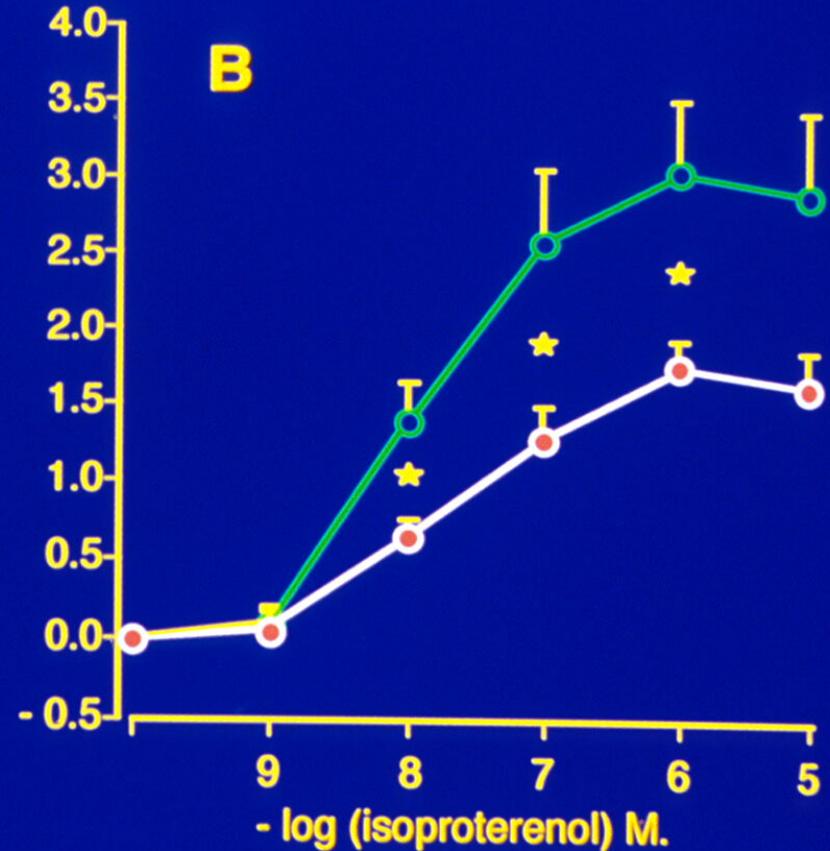
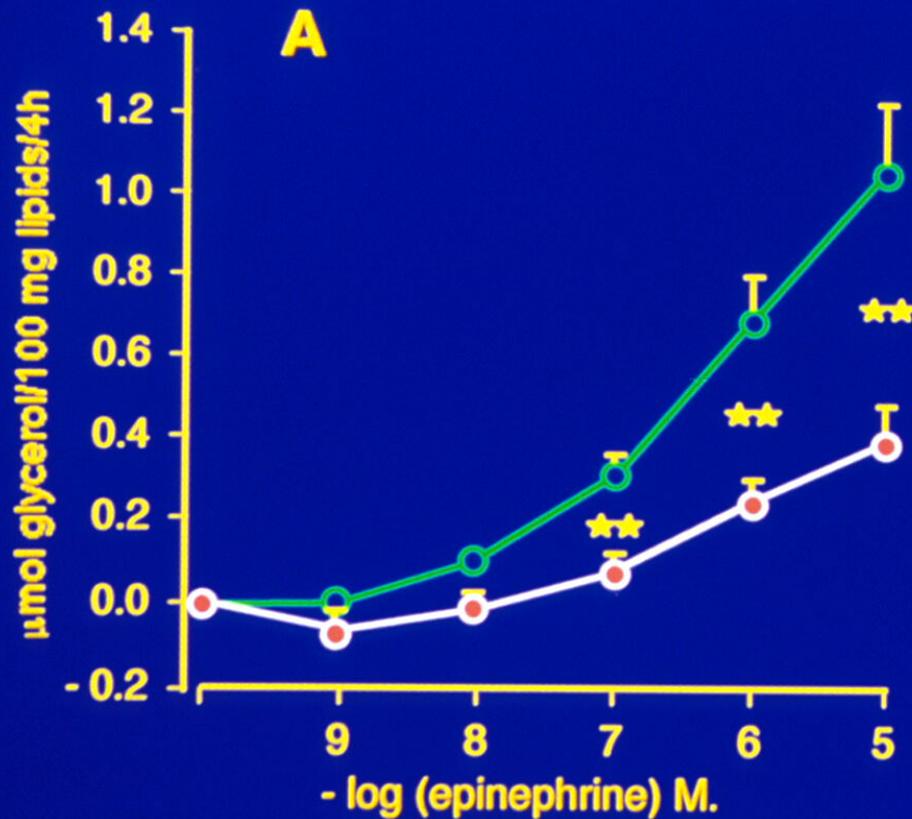
Utilisation des lipides en altitude



Operation Everest III, COMEX '97

Response of lipolysis to epinephrine and isoproterenol

● Hypoxia ● Normoxia



Les Protides

PAS DE STOCK

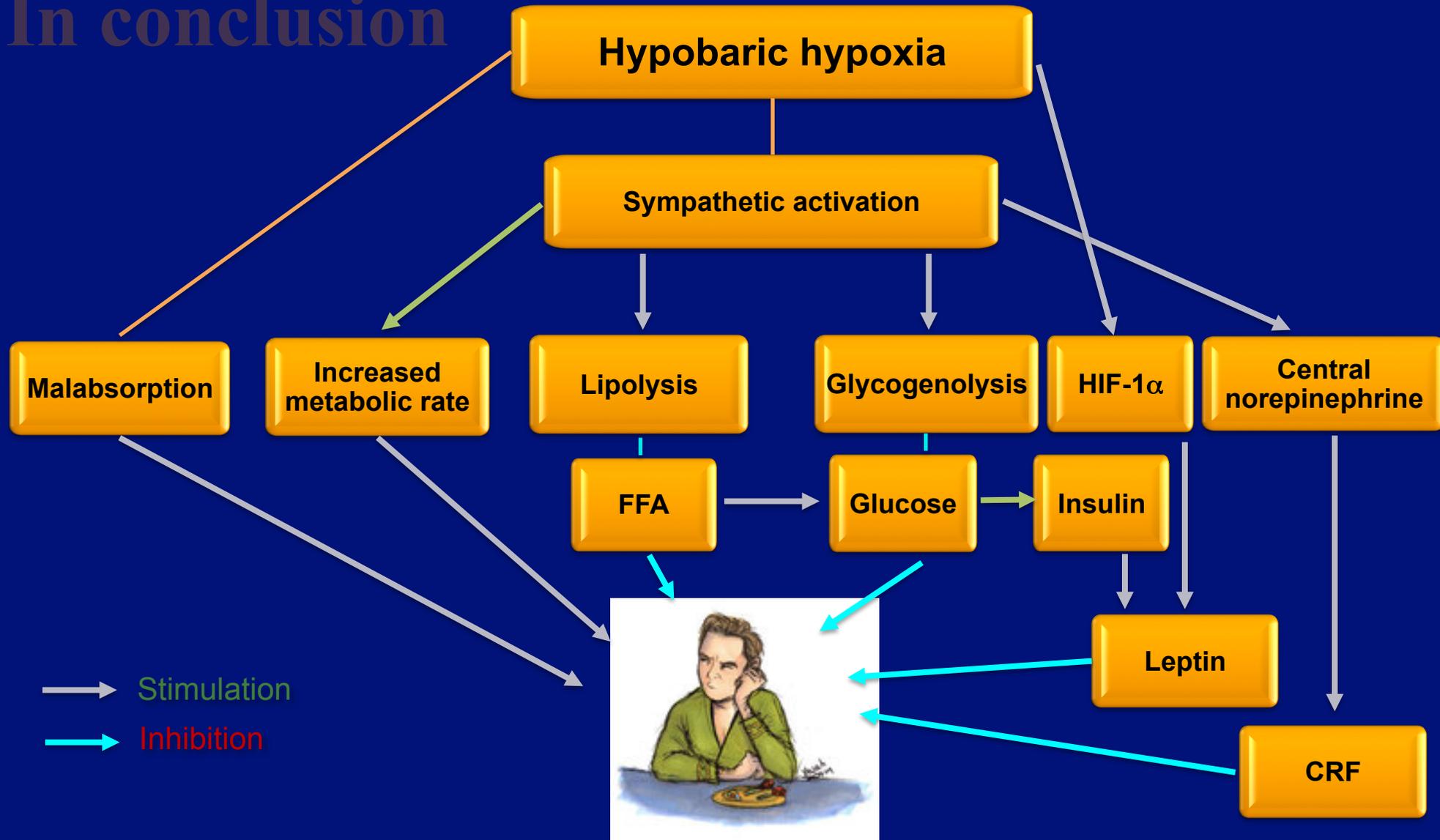
Avantages

Doivent faire partie de la ration alimentaire pour éviter la perte protéique à long terme, en particulier les acides aminés essentiels
Mais, la perte protéique est essentiellement due à la **négativation** du bilan calorique

Inconvénients

Régime hyperprotidique très mal supporté
Fournissent 20 kcal/mole O₂

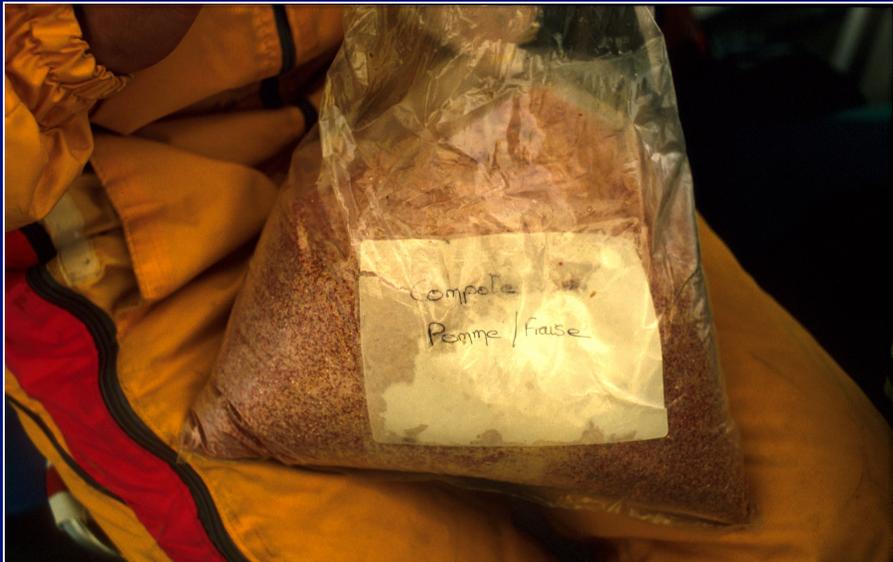
In conclusion



En pratique.....

Les lyophilisés

- Légers à transporter
- Ne nécessitent pas de vaisselle
- Sanitairement sûrs
- Valeur nutritionnelle connue
- Palatabilité variable + monotonie
- Assez chers
- Nécessitent beaucoup d'eau



La nourriture traditionnelle

« ...nous avons testé de nombreux produits modernes pour finalement nous retourner vers des choses simples [...] une fondue au pied de la paroi, puis seulement quelques Ovo Sport pendant l'ascension. »

Erhard Loretan Regards – Himalaya,
Eds La Sarine, 1998



L'apport de l'alimentation des populations locales

- Faible coût
- Pas de transport
- Variété gustative
- Fraîcheur
- Risque sanitaire

Tendance actuelle
des expéditions de
privilégier cette
source d'aliments



Faire la cuisine en haute altitude....



Fondoir à neige





Four solaire

Conclusion pratique : types d'alimentation utilisée en altitude

- Légère et peu encombrante
- Facile à préparer
- Variée et diversifiée dans les goûts et les textures, surtout pour les glucides
- Chaude et froide
- De préférence hypercalorique
- Adaptée à des petits repas



Mt Cho Oyu, Nepal, 8201 m