

Cœur et altitude

Pr. Jean-Paul Richalet
Hôpital Avicenne

CHU Bobigny

Université Paris 13

Tignes, mars 2009

Impact de l'environnement de haute altitude sur l'organisme

Altitude = hypoxie + froid + air sec + exercice + stress

Le facteur le moins contrôlé et le plus contraignant :

L'HYPOXIE

L'environnement de haute altitude



Everest face nord



Arête terminale Everest



Trekking Tour des Annapurnas



Raid sportif en haute altitude



Tourisme à Lhassa



Populations de haute altitude - Altiplano



Travail en haute altitude

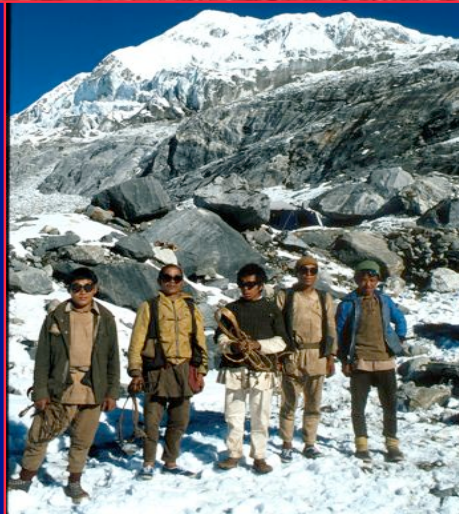
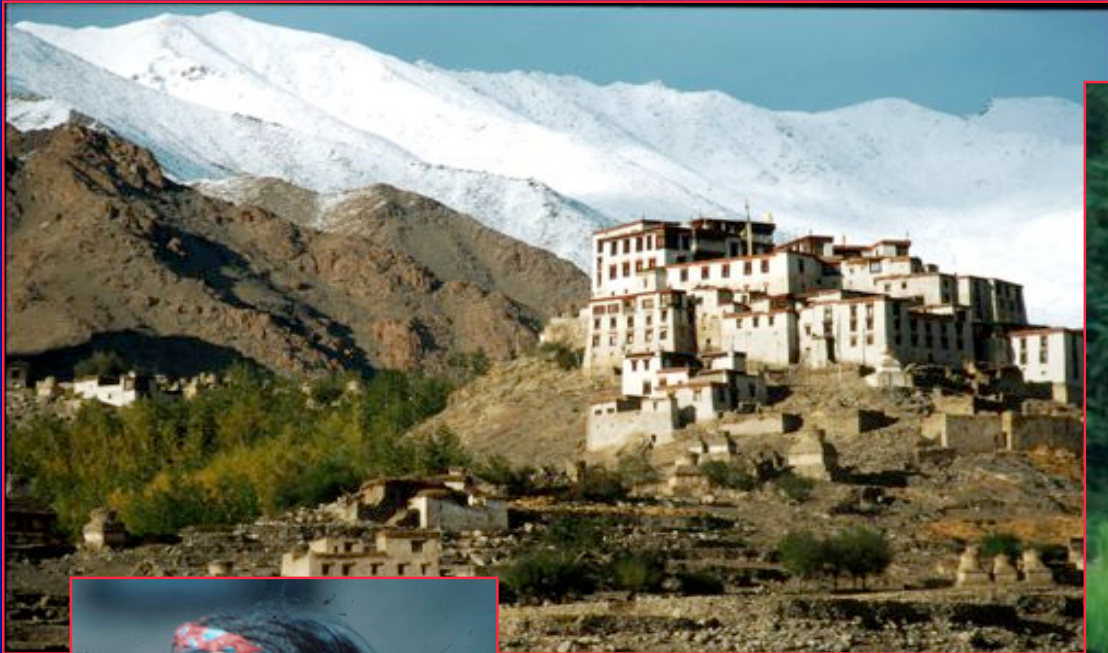


Cerro de Pasco, 4350m
Pérou



Collahuasi, 4500m
Chili

Populations de haute altitude - Himalaya Karakoram



Accès facile à la haute altitude



Pérou
Route transversale
centrale

La Paz
aéroport 4050m
ville 4000 à 3200m



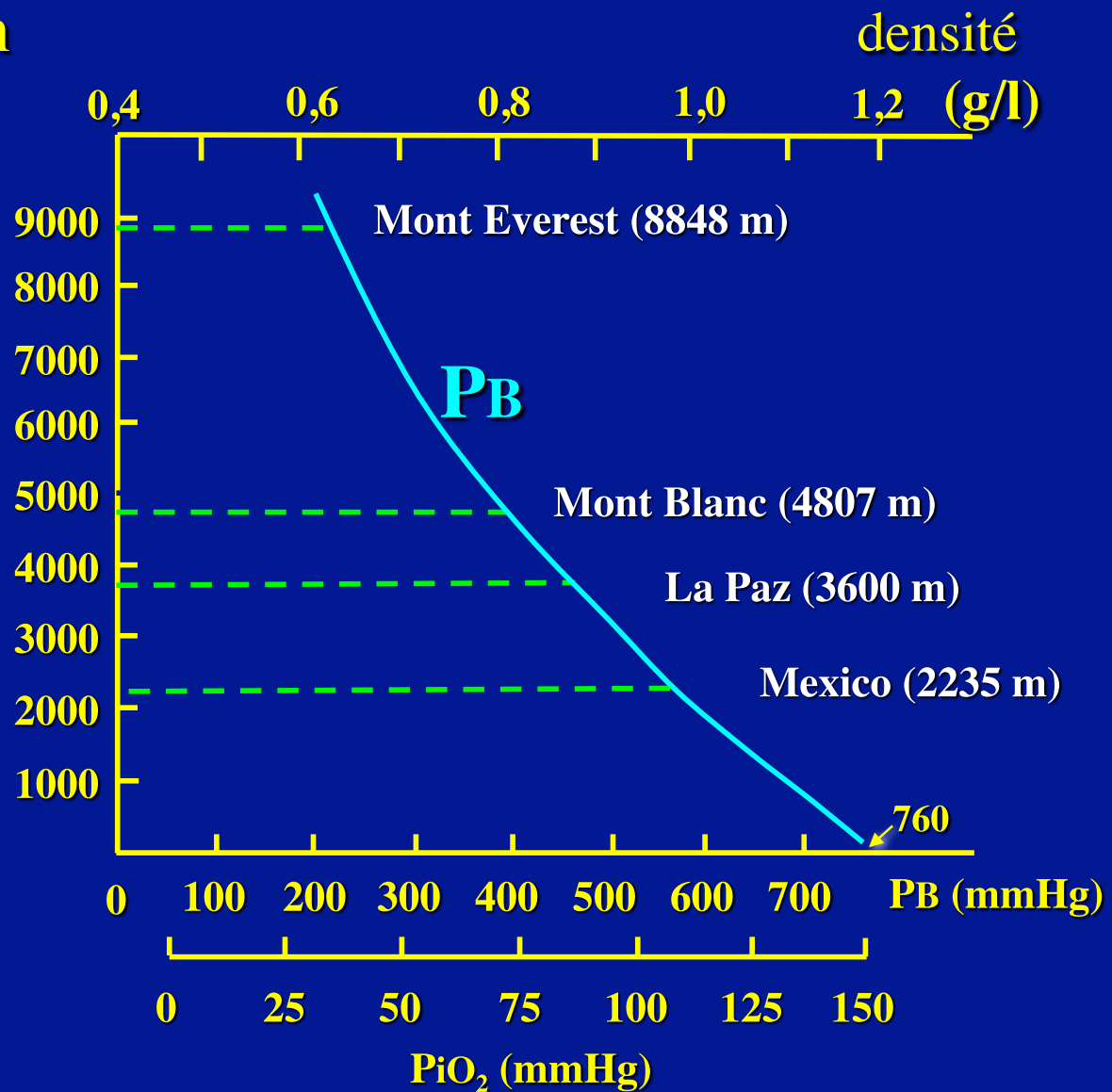
DEFINITION BIOLOGIQUE DE L'ALTITUDE



Baisse de la pression
barométrique et de
la densité de l'air
en fonction
de l'altitude

HYPOXIE =
Manque d'oxygène

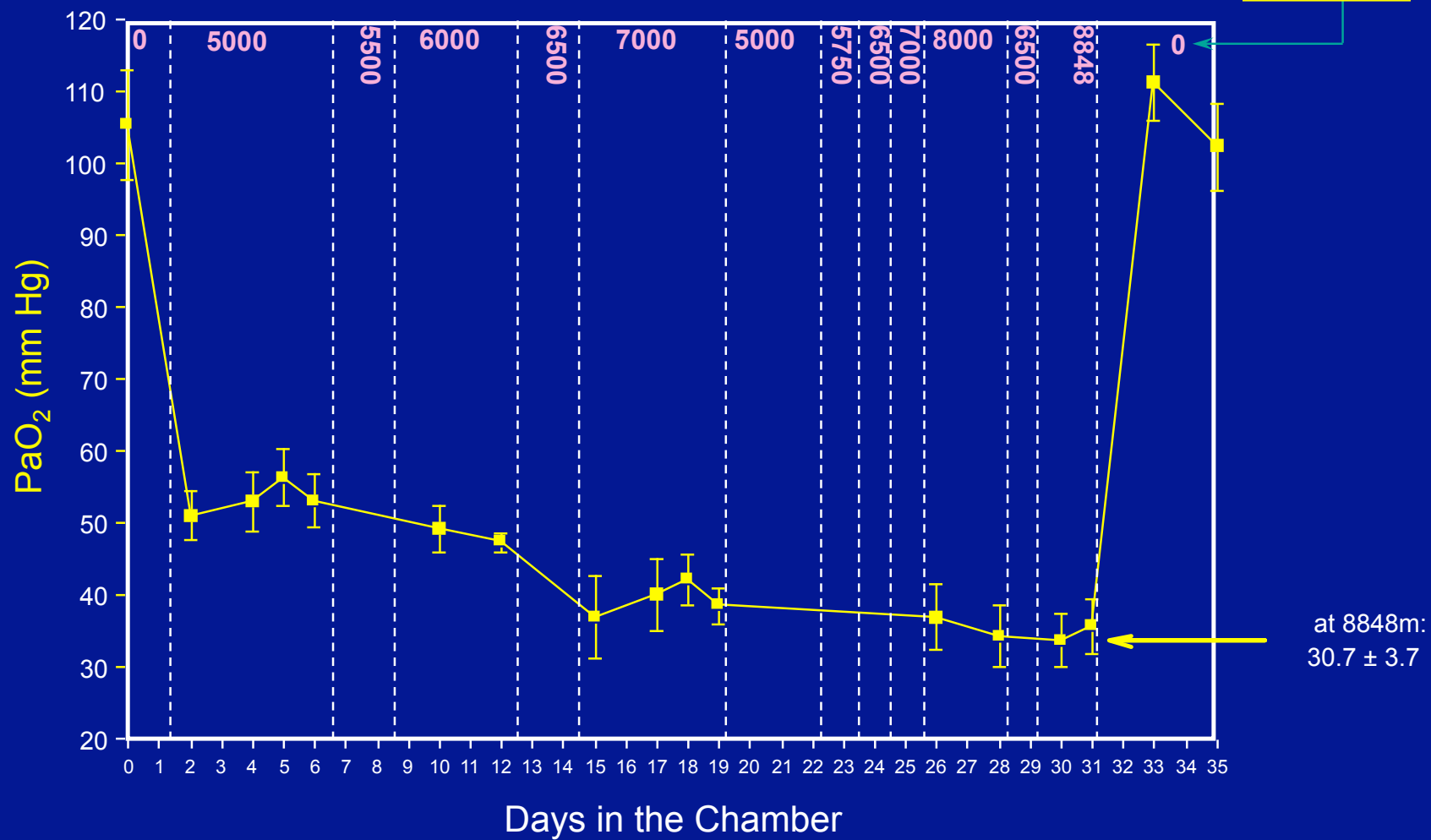
$$P_{iO_2} = F_{iO_2} \times (P_B - P_{H_2O})$$





Operation EVEREST III (COMEX 97)

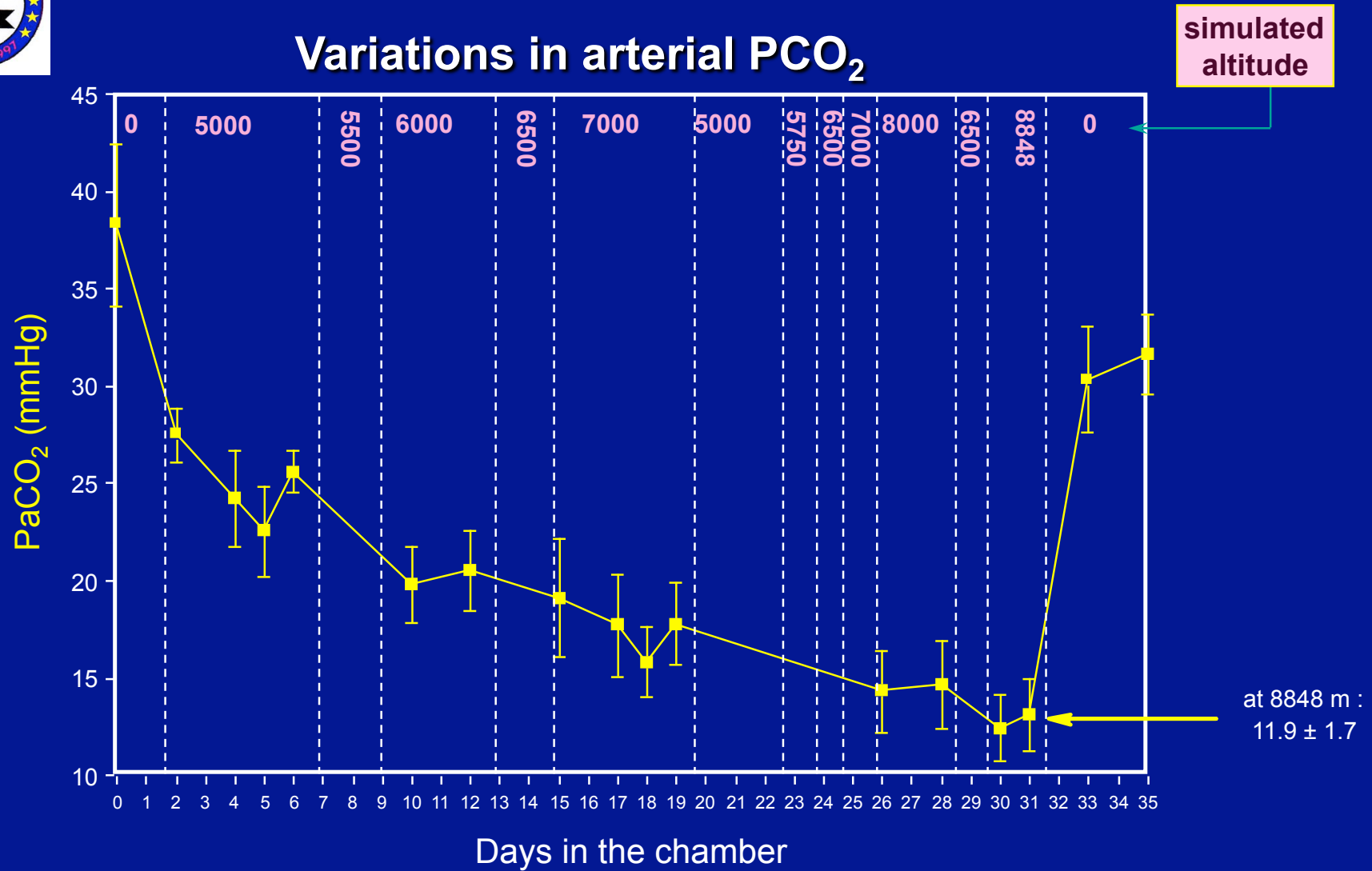
Variations in arterial PO₂





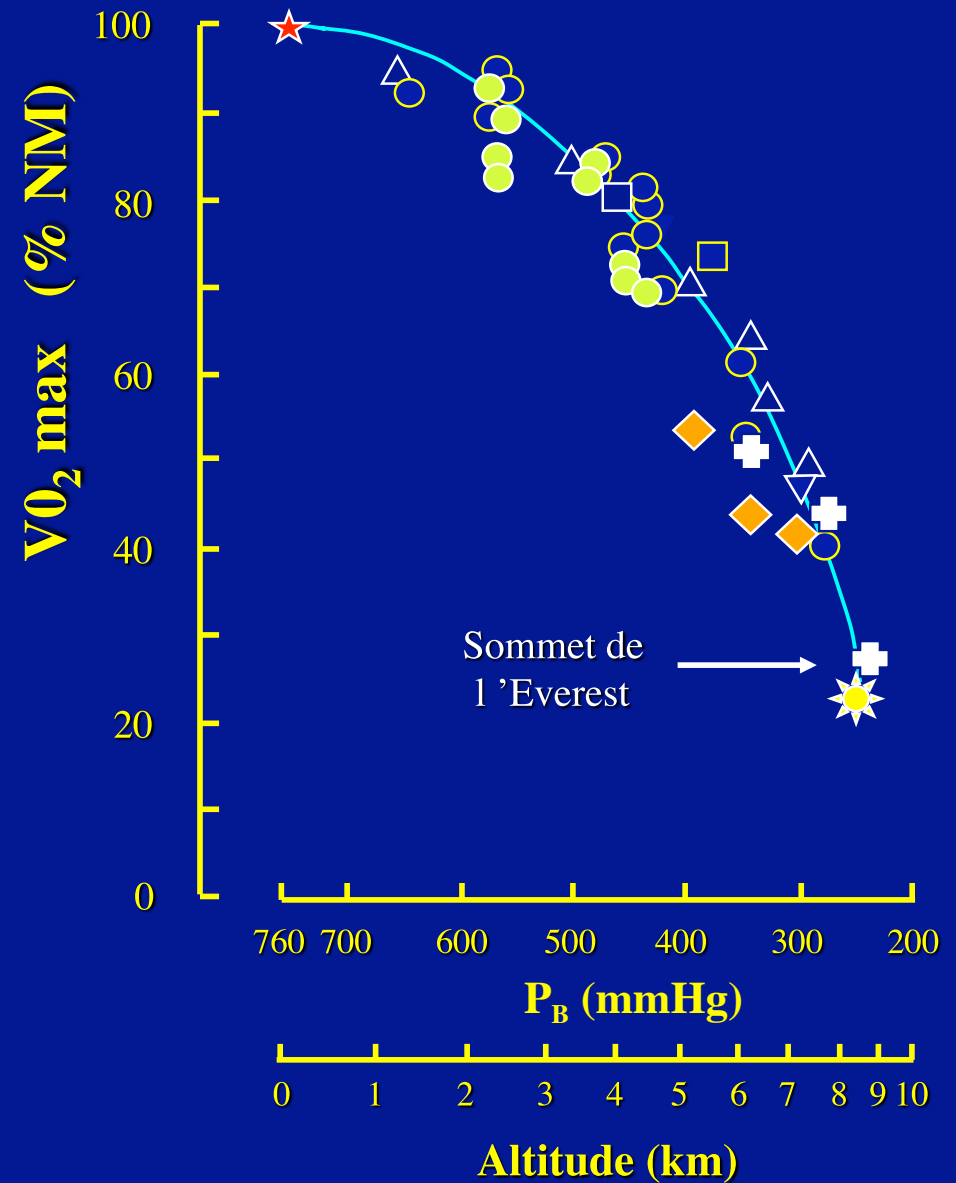
Operation EVEREST III (COMEX 97)

Variations in arterial PCO₂



La puissance maximale aérobie ($\dot{V}O_2\text{max}$) diminue avec l'altitude

*Quels sont les facteurs limitants
de la performance aérobie ?*



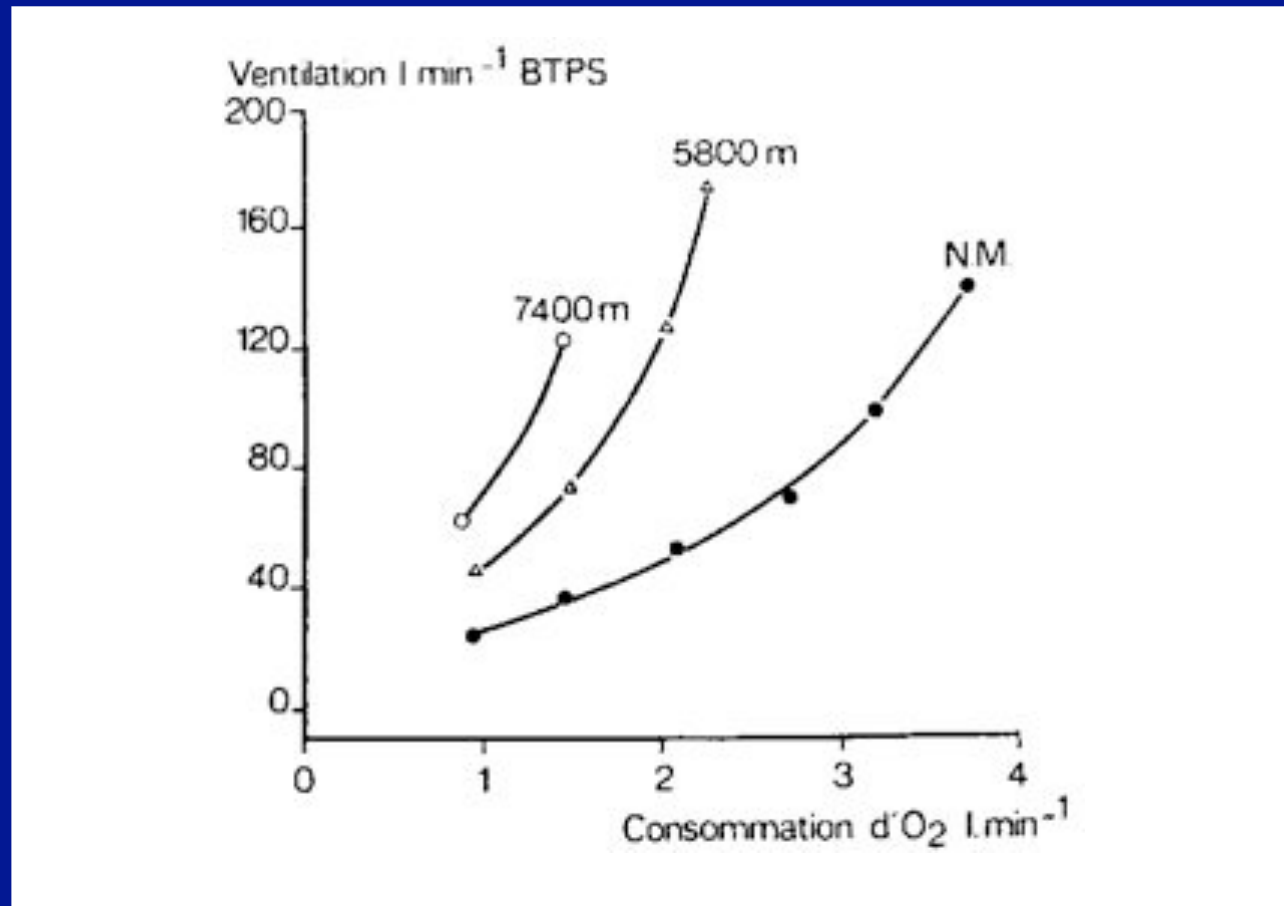
L'action immédiate de l'hypoxie d'altitude :

La stimulation des chémorécepteurs carotidiens

avec deux conséquences ...

- l'hyperventilation
- l'activation du système adrénergique

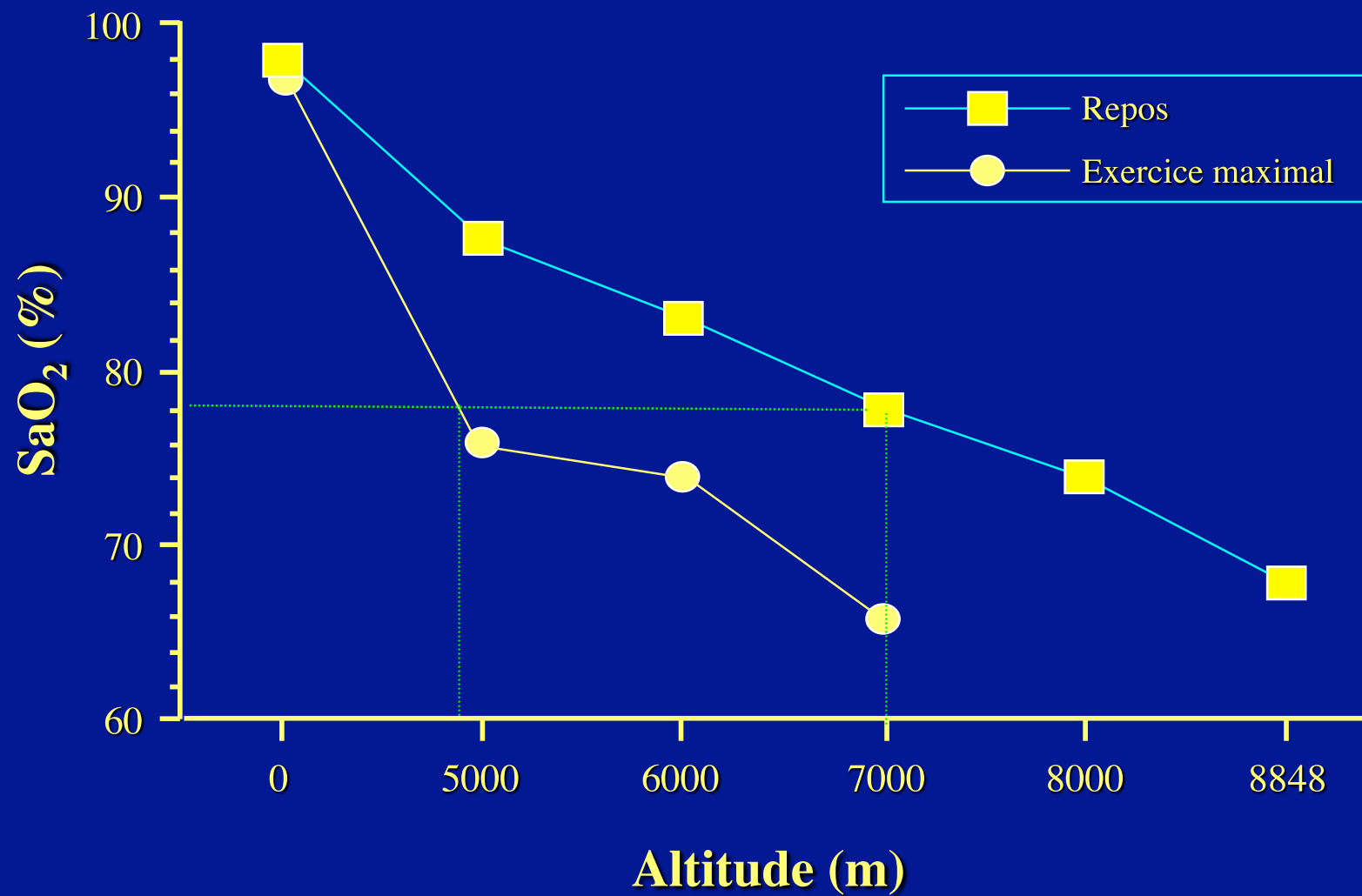
La ventilation augmente au repos et pour chaque niveau d'exercice



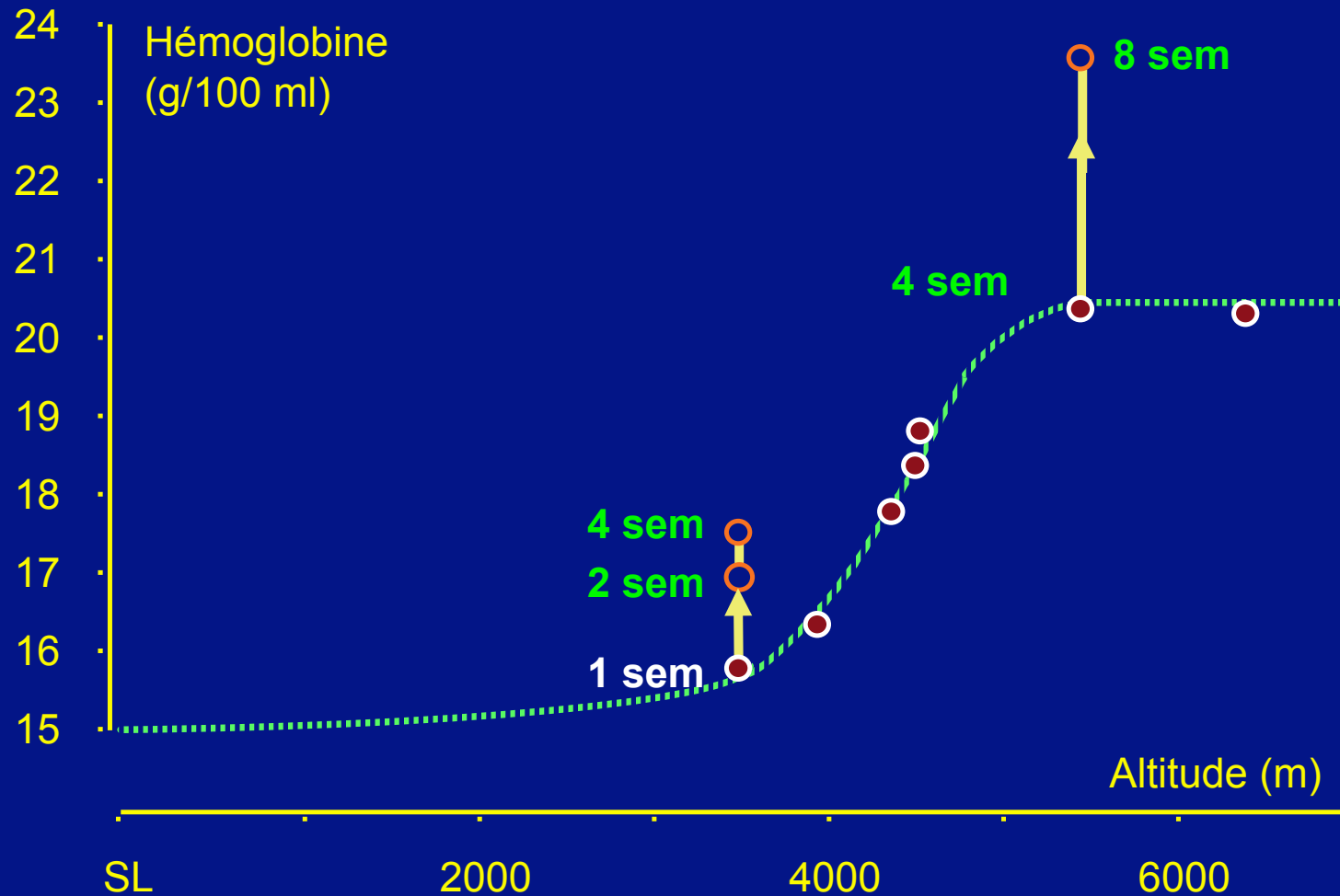
Test à l'hypoxie: $FIO_2=11,5\%$, puissance 30% $VO_2\max$



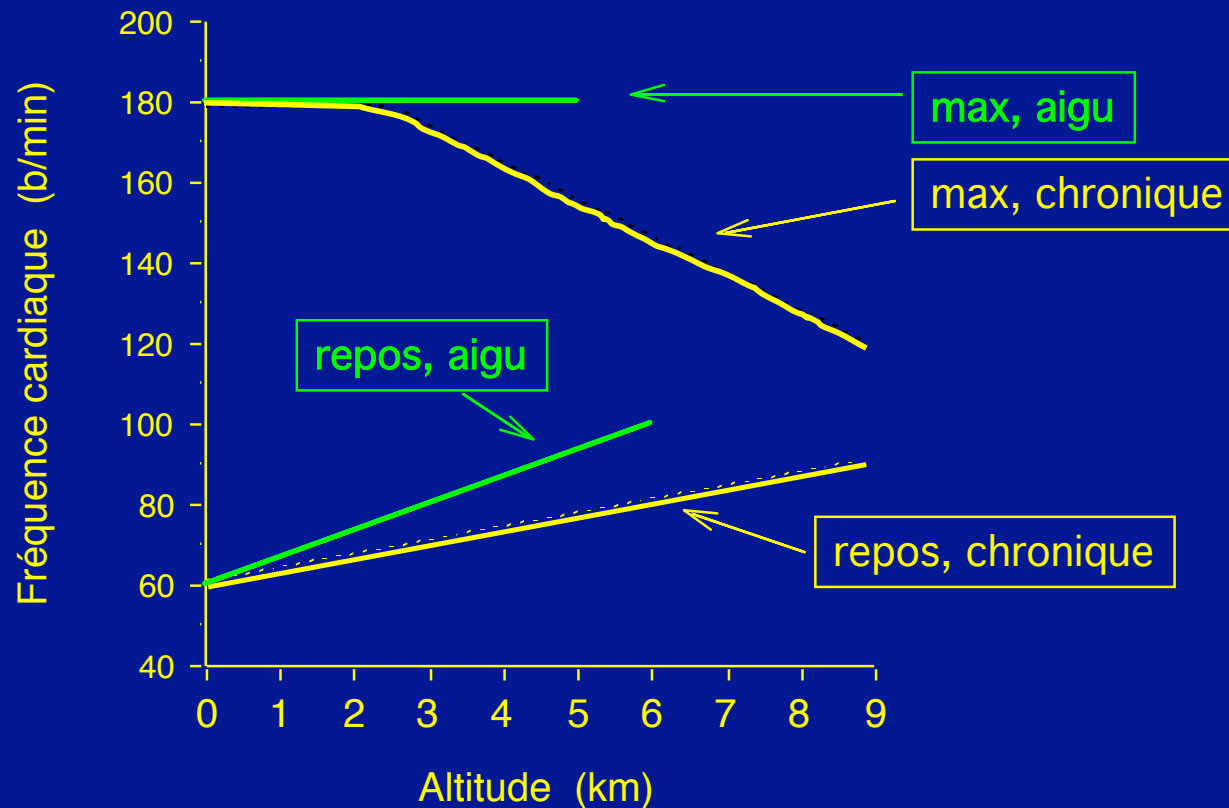
Saturation artérielle en O₂ en haute altitude



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



Fréquence cardiaque à l'exercice en hypoxie aiguë et chronique



La stimulation du système adrénergique est permanente

Exposition prolongée à l'altitude: effets sur le système cardio-vasculaire

Diminution de la réponse chronotrope cardiaque
à la stimulation adrénergique :

- **endogène** : à l'exercice musculaire, la Fc est plus basse pour la même concentration de noradrénaline
- **exogène** : lors d'un test à l'isoprénaline, le Fc est plus basse pour la même dose d'isoprénaline

Exposition prolongée à l'altitude: effets sur le système cardio-vasculaire

Mécanismes possibles de la diminution de la réponse chronotrope en altitude :

- désensibilisation des récepteurs β -adrénergiques due à l'hyperactivité adrénergique
- augmentation de l'activité vagale
- inhibition de l'activité β -adrénergique par l'adénosine
- altération du couplage protéine G – adénylate cyclase

Exposition prolongée à l'altitude: autres effets sur le système cardio-vasculaire

- **Stimulation adrénergique permanente**, mais protection progressive par **désensibilisation** des β -récepteurs adrénergiques
- **Fonction systolique préservée**, même à des altitudes extrêmes
- Vasodilatation coronaire
- **Augmentation de la pression artérielle pulmonaire**
 - risque de surcharge VD ou d'OPHA
- Pas ou peu d'augmentation de la pression artérielle systémique
- Vasodilatation cérébrale transitoire, vasoconstriction rénale

Au total, impact de l'environnement de haute altitude sur l'organisme

HYPOXIE AIGUË

Stimulation des chémorécepteurs

⇒ hyperventilation ⇒ **hypocapnie, alcalose**

Stimulation des centres sympathiques bulbaires

⇒ **hyperactivité adrénergique**

Aggravation de l'hypoxémie à l'exercice

⇒ **baisse des performances aérobies**

Impact de l'environnement de haute altitude sur l'organisme

HYPOXIE PROLONGÉE

Acclimatation ventilatoire

⇒ hyperventilation ⇒ moindre hypoxémie, hypocapnie persiste, alcalose *compensée*

⇒ *et moindre désaturation à l'exercice*

Stimulation des centres sympathiques bulbaires persiste

⇒ hyperactivité adrénergique, *mais désensibilisation des récepteurs adrénergiques*

Stimulation de l'érythropoïèse, polyglobulie

+ *baisse du vol. plasmatique* ⇒ *hémococoncentration, hyperviscosité*

Au total, pour le cœur normal en altitude...

La tachycardie induite par l'augmentation de l'activité adrénérgique constitue l'un des **mécanismes d'acclimatation** à l'hypoxie d'altitude.

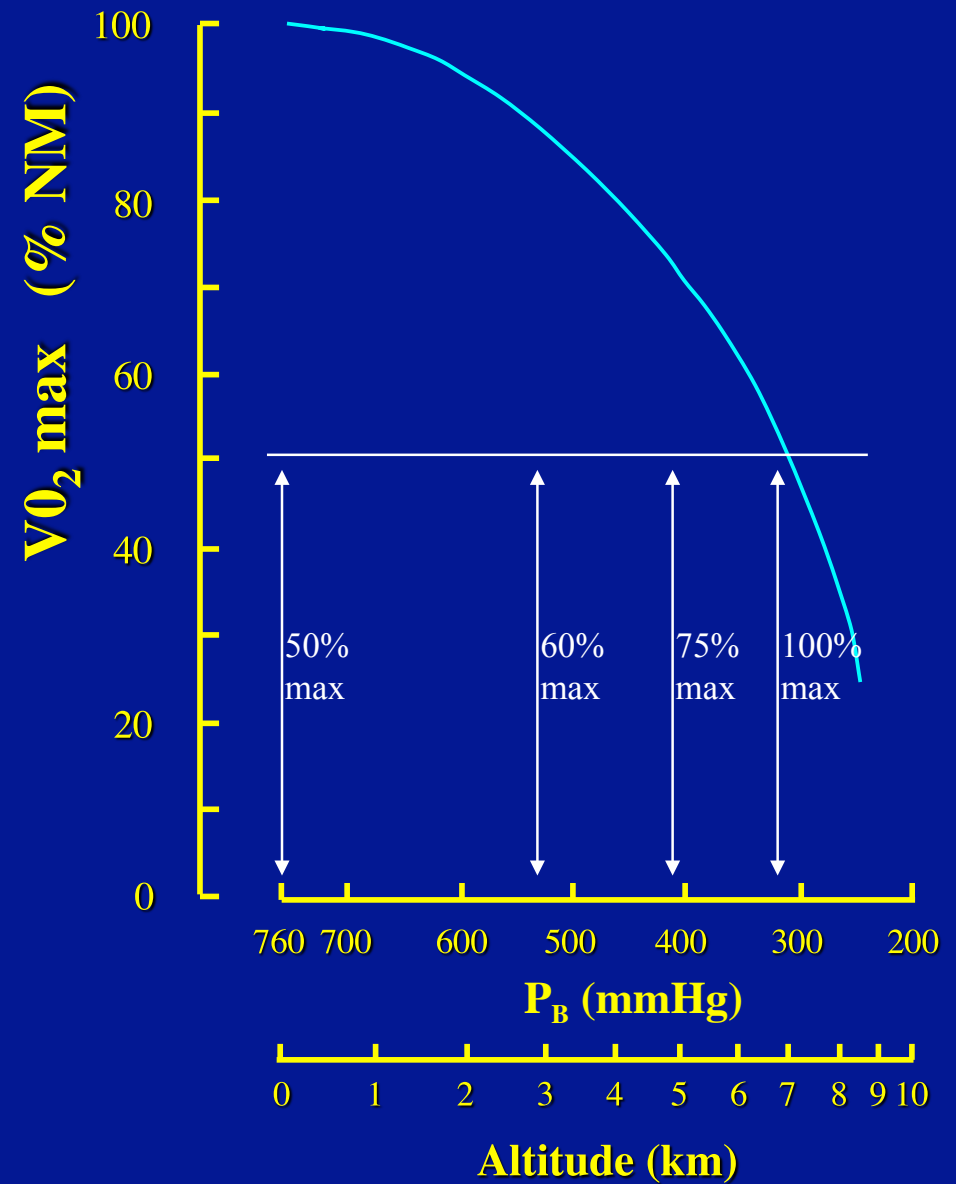
Le cœur **se protège** contre un déséquilibre énergétique risquant d'induire une hypoxie myocardique.

Cœur pathologique et altitude

Principes de base

1. Toute pathologie aggravée par une **activation du système adrénergique** sera plus à risque en haute altitude
2. Toute pathologie aggravée par une **hypertension artérielle pulmonaire** sera plus à risque en haute altitude
3. Toute pathologie déjà associée à **une hypoxémie au niveau de la mer** sera aggravée en haute altitude.
4. A niveau absolu d'exercice égal, la fréquence cardiaque, donc la **consommation d'oxygène du myocarde** augmente en altitude.

L'intensité
relative
augmente avec
l'altitude



Dans la littérature...

... l'autocensure limite la portée des conclusions possibles.

- **Pathologies diverses**

- **sur 1273 patients cardiaques connus, entre 1500 et 3000 m :**
 - **1 seul infarctus (Halhuber et al., 1985)**
- **sur 148000 trekkeurs au Népal, 8 morts dont aucun d'origine cardiaque (Shlim and Houston, 1989)**
- **étude faite sur 80 villes des USA: mortalité liée aux maladies coronariennes diminue avec l'altitude (Weinberg et al., 1987)**

Dans la littérature... (suite)

- **Pathologie coronarienne**

- sur 9 sujets coronariens avec épreuve effort à 3100 m:

- les signes d'ischémie cliniques ou électriques surviennent pour les mêmes valeurs du double produit $Fc \times PAS$
 - et donc pour une charge de travail inférieure en altitude (Morgan et al., 1990)

Dans la littérature... *suite*

- **Hypertension artérielle**

- sur 935 patients hypertendus, entre 1500 et 3000 m :
 - » aucun cas d'AVC ou d'IC (Halhuber et al., 1985)
- pendant les premiers jours, des poussées hypertensives peuvent se voir (Hultgren, 1997; Roach et al, 1995)
- baisse progressive de PAS et PAD en altitude (<3000m), qui persiste 3 à 8 mois après le retour au niveau de la mer (Halhuber, 1985; Scholing, 1985)

- **Réadaptation des coronariens**

- deux équipes (Pérou et Asie centrale) utilisent l'exposition à 3200m et 4000m , associée à un exercice progressif pour la réadaptation post-infarctus (Marticorena, 1990; Mirrakhimov, 1990)
- critères: patient motivé, pas de trouble du rythme grave, pas d'insuffisance cardiaque

Docteur, je voudrais aller en altitude...

1. Tenir compte des éléments propres au terrain

- altitude envisagée, dénivelé journalier
- niveau d'engagement physique, marche, alpinisme, ski
- nature du terrain, plat, raide, sentier, neige, etc...
- degré d'isolement, proximité d'une structure de soins, facilités d'appel au secours, présence d'un médecin dans le groupe.

2. Tenir compte des habitudes antérieures et des motivations du patient

- “S'aventurer dans les montagnes est une entreprise sûre pour ceux qui pensent qu'ils sont capables de le faire...” (Rennie, 1989)

Seuil d'ischémie plus précoce ?

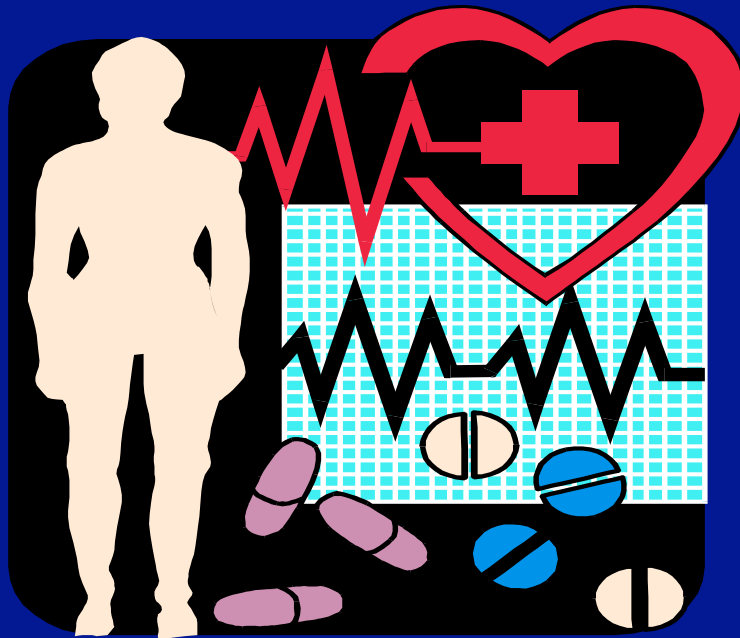
- **Chez des coronariens**, l'ischémie myocardique est reproduite lors de tests en hypoxie simulée

(Levy 1941, Kassembaum 1967)

- Les **signes d'ischémie** à l'ECG d'effort à 3100 m surviennent pour un même double produit [FC x PAS] qu'au n.m., mais pour une charge de travail inférieure en altitude, soit plus précocement.

(Morgan et al., 1990)

Exclure les patients à « haut risque »



- Ischémie résiduelle
 - Dysfonction ventriculaire gauche
 - Troubles du rythme ventriculaire
- * Toute cardiopathie instable, non corrigée

Cas « idéal » : coronarien montagnard

- trekkeur expérimenté,
 - acclimatation optimale,
bonne tolérance à l'altitude
 - bonne performance physique
- * Asymptomatique
 - * Thallium ou test d'effort négatifs
 - * Revascularisé, stable sous traitement



En pratique...

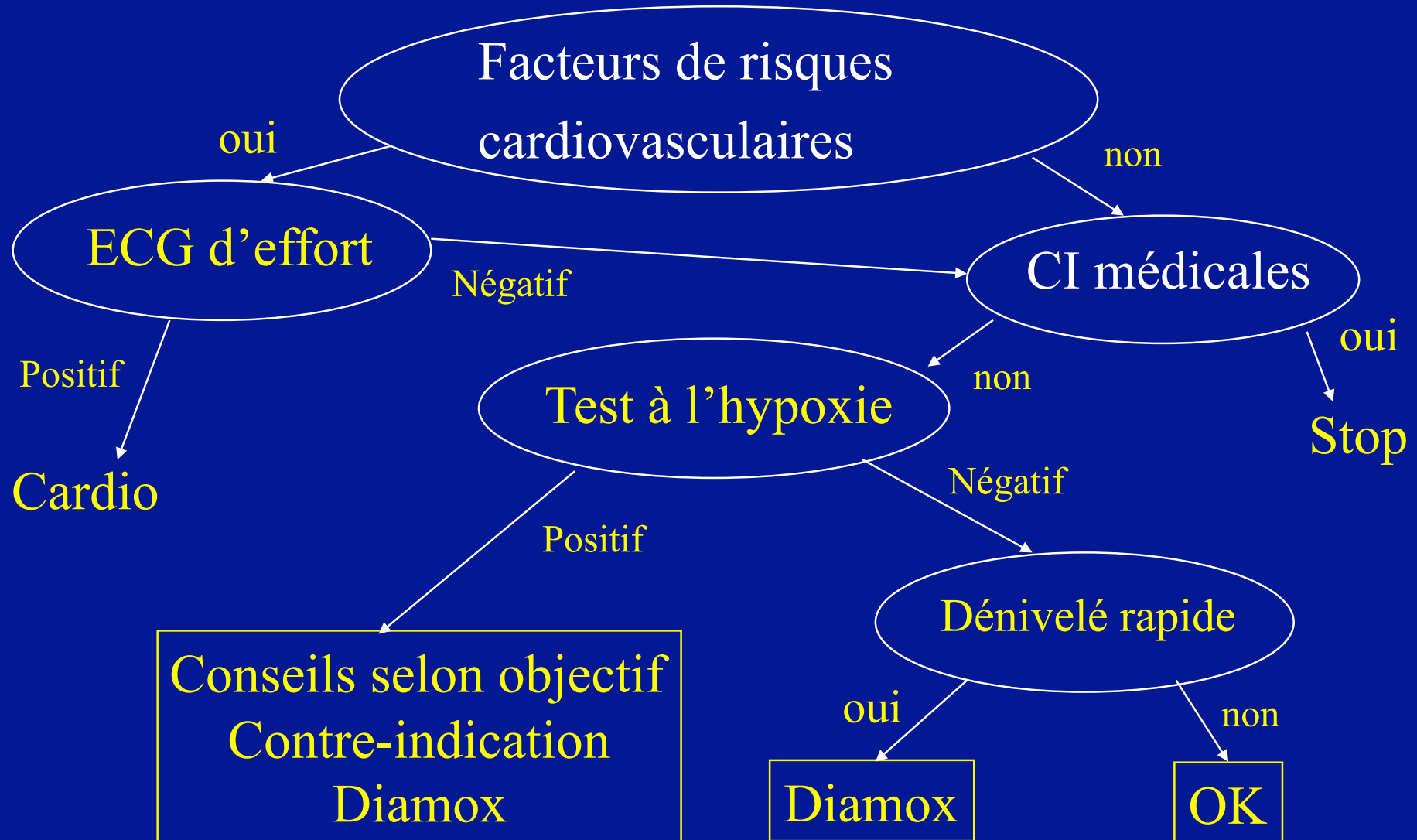
- **Sujet asymptomatique, sans facteur de risque CV, quel que soit l'âge**
 - stop !..
 - Test à l'hypoxie pour évaluer le risque lié au MAM
- **Sujet asymptomatique, avec facteurs de risque CV**
 - épreuve d'effort si altitude envisagée > 3500 m
- **Sujet coronarien connu, post-infarctus ou post-angioplastie, asymptomatique, épreuve d'effort négative 6 mois après événement**
 - conseils adaptés, voir en fonction du terrain
 - limitation de la fréquence cardiaque (cardiofréquencemètre)
- **Sujet symptomatique**
 - prévenir de la diminution du seuil d'ischémie
 - limiter l'altitude à 2500 m

En pratique...

On peut dégager un certain nombre de contre-indications absolues à un séjour au delà de 2500m:

- insuffisance cardiaque,
- troubles du rythme sévères,
- cardiopathies congénitales ou acquises s'accompagnant d'une surcharge ventriculaire droite et/ou d'un shunt droit-gauche,
- hypertension artérielle pulmonaire, quel que soit le type ou l'origine,
- toute pathologie cardiaque sévère, invalidante, non équilibrée.

Déroulement d'une consultation de médecine d'altitude



Patients traités par β -bloquants

$$VO_2 = Fc.VES.(Ca-Cv)$$

Au niveau de la mer, la performance aérobie est peu modifiée
car

la non- augmentation de **Fc** est en partie compensée par
une augmentation de **Ca-Cv**.

En altitude, un degré de liberté est perdu et

la non-augmentation de **Fc** ne peut plus être compensée
par

une augmentation de **Ca-Cv**, car **Ca** est diminué.

Pathologie liée à la haute altitude

- Mal aigu des montagnes bénin (MAM)
- Œdème localisé de haute altitude (OLHA)
- Mal des montagnes compliqué
 - Œdème pulmonaire de haute altitude (OPHA)
 - Œdème cérébral de haute altitude (OCHA)
- Maladies hémorragiques, ischémiques et thromboemboliques de haute altitude
 - Hémorragies rétiniennes de haute altitude (HRHA)
 - Accidents thromboemboliques
 - Accidents ischémiques transitoires
- Polyglobulie chronique d'altitude (Maladie de Monge)

MAM – Oedème localisé de haute altitude



MAM Mal aigu des montagnes

- **Facteurs favorisants**

- Altitude élevée
- Dénivelé important
(> 400m entre 2 nuits, au delà de 3000m, en début de séjour)
- Exercice intense
- Déshydratation
- Anxiété (premier séjour)

- **Facteurs prédisposants**

- Faible chémosensibilité à l'hypoxie
- Sexe (femme plus sensible à l'œdème localisé de haute altitude)
- Obésité
- Migraine

MAM Mal aigu des montagnes

• Traitement préventif

- Acclimatation par une montée progressive
 - < 400 m / nuit de dénivelé
 - en moyenne sur 2 jours consécutifs
 - au delà de 3000 m, en début du séjour
- Acétazolamide (2 x 125 mg / jour, dès la veille)
 - Indications: - sujet mauvais répondeur (test à l'hypoxie)
 - antécédents de MAM sévère
 - acclimatation progressive impossible
 - Contre-indications: * coliques néphrétiques à répétition
 - * allergie aux sulfamides
 - * risque de décollement de rétine
 - Effets indésirables: - paresthésies (très limitées, à 250 mg/j),
 - goût altéré des boissons gazeuses

MAM Mal aigu des montagnes

- **Traitement curatif**

- MAM léger

- Antalgiques simples: aspirine, paracétamol

- MAM modéré

- Antalgiques simples + repos, arrêt de la progression

- MAM sévère

- Antalgiques simples (+ Diamox 250 à 500mg)
- Redescende ou caisson de recompression (1 heure)

OPHA Œdème pulmonaire de haute altitude

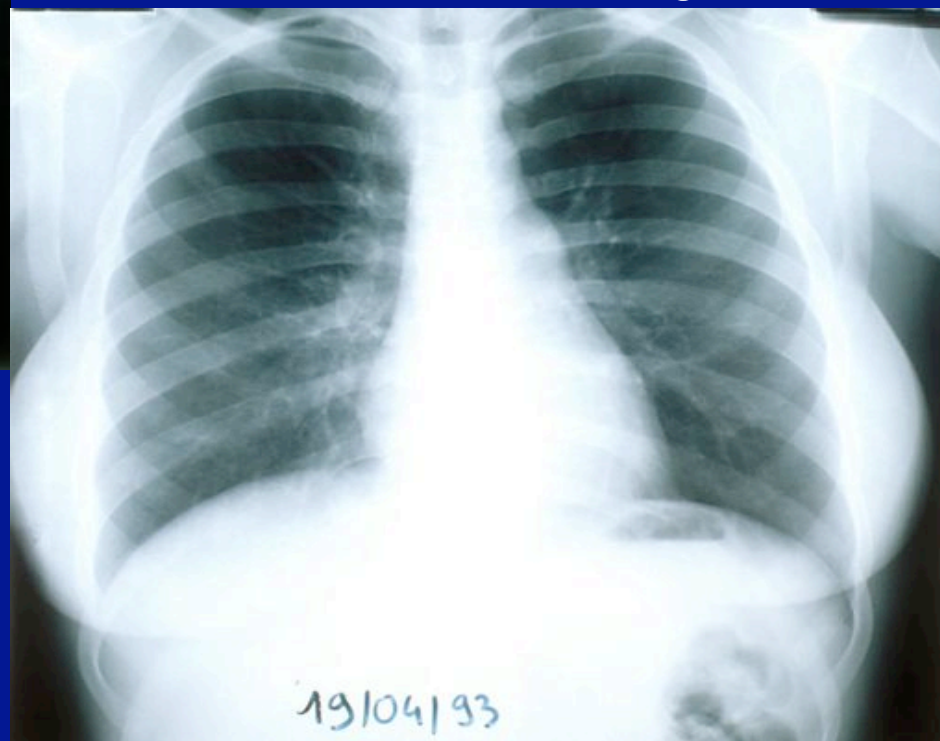
- **Signes cliniques**

- **début:** dyspnée anormale, asthénie intense
toux sèche
MAM parfois associé
- **phase d'état :** cyanose
dyspnée de repos
râles pulmonaires
tachycardie
fièvre
expectoration typique
- **évolution:** *décès* dans 44% des cas non traités
 - guérison rapide et sans séquelles si REDESCENTE entreprise rapidement

Œdème pulmonaire de haute altitude 3



Tignes, J+0



Tignes, J+4

OPHA Œdème pulmonaire de haute altitude

- **Traitement curatif**

- DESCENTE précoce
parfois 500m suffisent pour constater une amélioration
- en attendant:
 - oxygénothérapie ou **caisson de recompression portable**
 - médicaments:
 - corticoïdes: 4 mg dexaméthazone / 6h
 - bloqueurs calciques: **nifédipine, nicardipine, isradipine, etc.**
 - 10 à 20 mg nifédipine sublingual (surveillance PA) + 20mg LP
suivi de 20mg LP / 6 heures
 - *Inhibiteurs PDE5: sildénafil, 3 x 40 mg /jour*
 - en milieu hospitalier:
 - ventilation assistée: CPAP / PEP

Caisson de recompression portable CERTEC



-220 mbar

4,8 kg

Prévention

1. Ne pas monter trop vite trop haut:

Moins de 400m de dénivelé entre 2 nuits au delà de 3000m, en début de séjour

2. Limiter les efforts en début de séjour en altitude

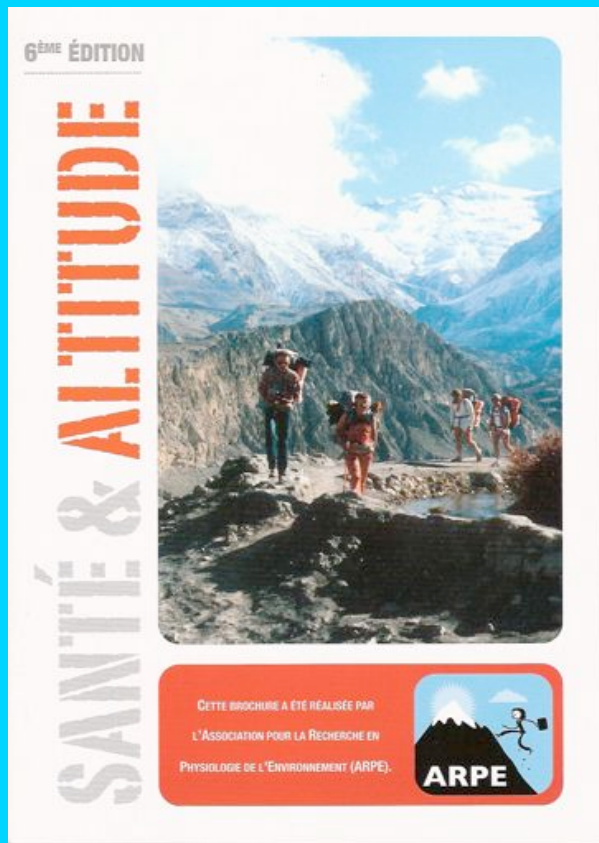
3. Diamox, éventuellement, dans deux cas:

- arrivée rapide en altitude (La Paz, Lhassa), ascension rapide (Kilimandjaro)
- personne sensible au MAM ou mauvais test à l'hypoxie

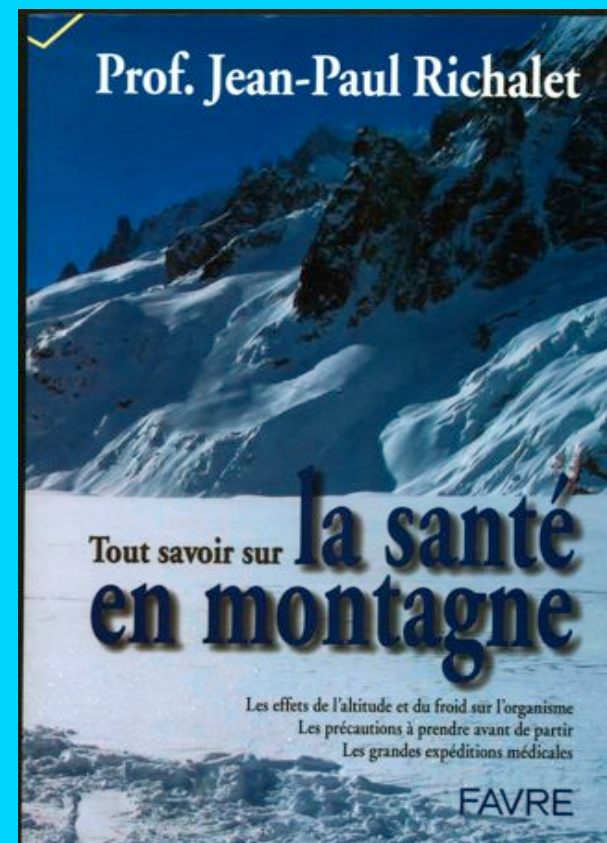
4. La prévention par l'information est un élément essentiel de la consultation de médecine d'altitude : diffusion de la brochure « santé et altitude »

Quelques références:

- **Médecine de l'alpinisme**, *Richalet et Herry*
 - Masson, 4^{ème} éd., 2006
- **Santé et altitude** : *Brochure ARPE*
 - Tél: 01 48 38 77 57
 - site web: arpealtitude.org
- **Tout savoir sur la santé en montagne**: *JP Richalet*
 - Favre éditeur, Lausanne, 2003



Brochure
« Santé et altitude », 5^{ème}
édition
disponible au 0148387757
ou sur le site de l'ARPE:
www.arpealtitude.org



Favre éd.