

# Le travail en HAUTE ALTITUDE

**Médecine de prévention**  
**Septembre 2016**

Catherine DIEUPART

Anh-Van HOANG

Simone MUNCH

Vincent NALINE

Frédérique ROSENFELD

Catherine ROSSI-MAITENAZ

*Livret à destination des agents et des médecins de prévention*



**Muséum  
national  
d'Histoire  
naturelle**

# SOMMAIRE

## Table des matières

REMERCIEMENTS .....	4
1. ANALYSE DU RISQUE .....	5
1.1 Définition de l'altitude .....	5
1.2 Effets de la latitude .....	6
1.3 Les régions de haute altitude .....	9
2. RAPPEL DE PHYSIQUE DU MILIEU AÉRIEN .....	10
2.1 Composition de l'air .....	10
2.2 Pression atmosphérique .....	10
2.3 Pression de l'oxygène .....	10
2.4 Rappel des équivalences de pression .....	11
3. LES DIFFÉRENTES PHASES BIOLOGIQUES DE LA VIE EN ALTITUDE .....	12
3.1 L'accommodation .....	12
3.2 L'acclimatation et l'acclimatement .....	12
4. PHYSIOPATHOLOGIE .....	14
4.1 Hypoxie aiguë et hypoxie chronique .....	14
4.1.1 Effets de l'hypoxie sur la respiration et les poumons .....	14
4.1.2 Effets de l'hypoxie sur les fonctions cérébrales .....	14
4.1.3 Effets de l'hypoxie sur la régulation de l'eau et des sels .....	14
4.1.4 Effets de l'hypoxie sur la circulation .....	14
4.1.5 Effets de l'hypoxie sur le cœur .....	15
4.1.6 Effets de l'hypoxie sur la fonction digestive .....	15
4.1.7 Effets de l'altitude sur le sommeil .....	15
4.2 Les ambiances froides .....	16
4.2.1 Les échanges thermiques .....	16
4.2.2 La régulation thermique .....	16
4.3 Cas particulier du fumeur en altitude .....	18
4.4 Les performances physiques en haute altitude .....	19
5. LA PATHOLOGIE DE LA HAUTE MONTAGNE .....	20
5.1 Maladies liées à l'altitude .....	20
5.1.1 Le mal aigu des montagnes (MAM) .....	20
5.1.2 L'œdème pulmonaire de haute altitude (OPHA) .....	23
5.1.3 L'œdème cérébral de haute altitude (OCHA) .....	25
5.2 Maladies liées au froid .....	26
5.2.1 Hypothermie .....	26
5.2.2 Gelures .....	30
5.2.3 Engelures .....	33
5.2.4 La bronchite irritative de haute altitude .....	33
5.3 Les maladies liées au rayonnement solaire et chaleur .....	34
5.4 Les pathologies oculaires .....	35
5.4.1 Les hémorragies rétinienne de haute altitude .....	35
5.4.2 Gelure de cornée .....	35
5.4.3 Ophtalmie des neiges (ou de soleil) .....	36
5.5 Autres contraintes environnementales .....	37
5.5.1 Hydratation et alimentation .....	37
5.5.2 Le paludisme et autres maladies infectieuses .....	37
6. MOYENS DE PRÉVENTION .....	38
6.1 MESURES DE PRÉVENTIONS TECHNIQUES .....	39
6.1.1 Moyens d'accès et hébergement .....	39

6.1.2	L'information .....	39
6.1.3	L'établissement d'un plan d'évacuation d'urgence .....	39
6.1.4	L'équipement de chaque site en matériel de soins .....	39
<b>6.2</b>	<b>Visite de départ .....</b>	<b>41</b>
6.2.1	Examen médical avant départ .....	41
6.2.2	Contre-indications absolues (liste non exhaustive) .....	42
6.2.3	Contre-indications relatives (liste non exhaustive) .....	42
<b>7.</b>	<b>CAS PARTICULIER DE LA VILLE DE LA PAZ, BOLIVIE .....</b>	<b>43</b>
<b>8.</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>44</b>
<b>8.1</b>	<b>Certificat médical d'aptitude et fiche de retour mission .....</b>	<b>45</b>
<b>8.2</b>	<b>Trousse de secours .....</b>	<b>47</b>
8.2.1	L'acétazolamide (DIAMOX®) .....	47
8.2.2	Adalate .....	48
8.2.3	Le sildénafil (REVATIO®) – En alternative à l'Adalate .....	48
8.2.4	La bétaméthasone (CELESTENE®) .....	48
8.2.5	Anti-agrégant plaquettaire et anti-coagulant.....	49
8.2.6	Médicaments pour pathologie oculaire.....	49
8.2.7	Autres médicaments - prescription à voir avec le médecin traitant .....	49
<b>8.3</b>	<b>Utilisation du caisson .....</b>	<b>51</b>
<b>8.4</b>	<b>Altitude des principaux télescopes dans le monde .....</b>	<b>52</b>
<b>8.5</b>	<b>Les adresses utiles .....</b>	<b>53</b>
<b>8.6</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>55</b>
<b>8.7</b>	<b>Vrai-Faux.....</b>	<b>56</b>
<b>8.8</b>	<b>Vous allez partir en mission .....</b>	<b>57</b>
8.8.1	Préparer votre départ .....	57
8.8.2	Sur place .....	57
8.8.3	Au retour .....	58

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions le Dr Guenhaële DERVIEUX, le Dr Marie-Magdeleine DUMAS et le Dr Anne LEMIEUX qui ont participé activement à la réalisation des versions précédentes du livret « Le travail en haute altitude ».

## 1. ANALYSE DU RISQUE

Le travail en haute altitude expose à un certain nombre de contraintes dont : l'hypoxie, le froid, l'isolement, les rayonnements solaires intenses, le stress, les troubles du sommeil, les troubles digestifs...

L'hypoxie est une contrainte inévitable et constitue l'agression majeure : la pression atmosphérique diminue progressivement avec l'altitude, avec pour conséquence une **diminution de la pression partielle d'oxygène**.

### 1.1 Définition de l'altitude

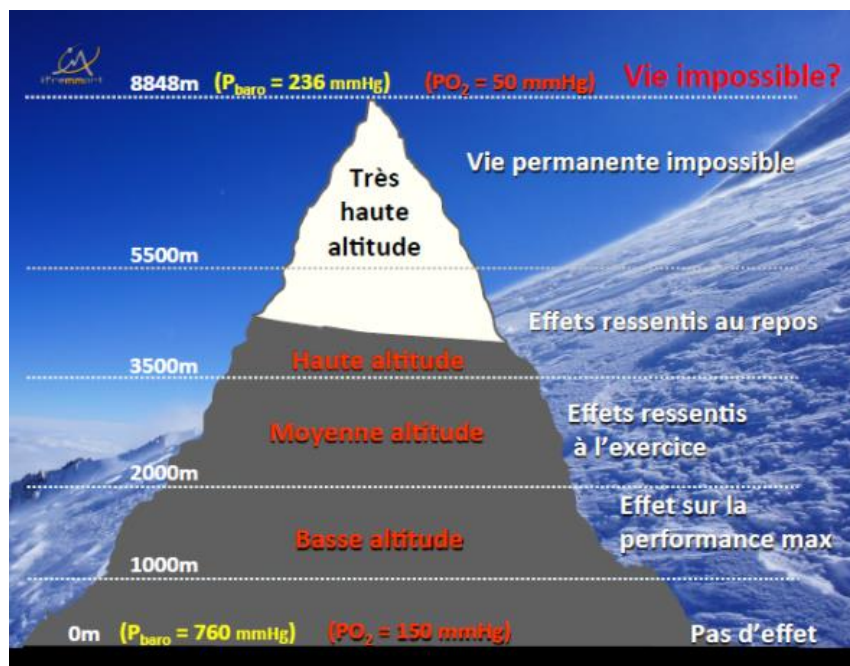
- Épaisseur de l'air dans la troposphère
- Densité de l'air
- Pression atmosphérique mais composition air identique, 21% d'O<sub>2</sub>

La diminution de la pression atmosphérique entraîne une baisse de la pression partielle d'oxygène dans l'air ambiant responsable d'une diminution du nombre de molécules d'oxygène disponibles pour le fonctionnement de chaque cellule.

La quantité d'oxygène disponible diminue d'environ 50% à 5500 mètres.

L'organisme se trouve ainsi dans un état d'hypoxie. Il développe des mécanismes physiologiques qui tendent à rétablir une oxygénation cellulaire compatible avec une vie normale.

Les différentes zones d'altitude



Diapositive Ifremmont 2014

L'hypoxie est une contrainte inévitable. Aucun moyen technique simple ne peut remplacer l'adaptation physiologique.

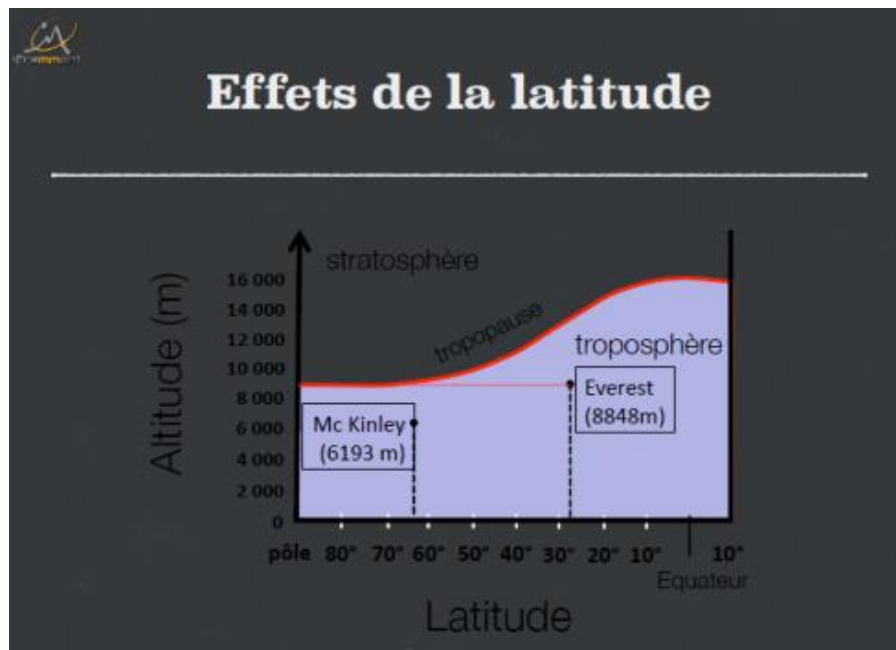
L'hypoxie aiguë correspond aux premières dizaines d'heures d'exposition à l'altitude, l'hypoxie chronique correspond à une exposition prolongée à l'altitude.

Il conviendra de définir ces deux situations d'un point de vue biologique (Cf. sommaire).

## 1.2 Effets de la latitude

Aux pôles, les conséquences sur l'organisme correspondent à une altitude plus élevée (altitude réelle + 500 m à 1000 m) :

Par exemple l'altitude du Dôme C (Antarctique) qui est de 3200 m d'altitude correspond aux contraintes physiologiques subies à 3700 m d'altitude sous nos latitudes.



*Diapositive Ifremmont 2014*



**Les régions d'altitude ont des aspects différents selon la latitude.**

- Dans les Alpes - en Antarctique, 4000 m : glaciers, neige.



© Cécile ENGRAND/Jean DUPRAT/CSNSM

- Dans l'Himalaya - Lhassa, 3650 m : forêts, villages.



Auteur : Royonx

- Dans les Andes - La Paz, 3300 m à 4200 m : villes, aéroport, routes.



© IRD – Dr Catherine ROSSI-MAITENAZ



### 1.3 Les régions de haute altitude



## 2. RAPPEL DE PHYSIQUE DU MILIEU AÉRIEN

### 2.1 Composition de l'air

L'air est essentiellement composé de 2 gaz : l'oxygène et l'azote. Quelle que soit l'altitude, la proportion de ces deux gaz est invariable : 21 % d'oxygène et 78 % d'azote, 0.04% de CO<sub>2</sub> et des gaz rares.

La pression partielle de l'oxygène contenu dans l'air ambiant est de 21 % de la pression atmosphérique.

### 2.2 Pression atmosphérique

La terre est entourée d'une enveloppe gazeuse : l'atmosphère. Cette couche de 100 km d'épaisseur exerce par son poids une pression à la surface du globe : la pression atmosphérique. Elle est de 760mm Hg soit 1013 hPa (hectopascal) au niveau de la mer et aux latitudes moyennes. La couche inférieure de l'atmosphère est la troposphère : **son épaisseur varie avec la latitude** (17 000 m à l'équateur et 6 000 m aux pôles).

Ainsi les signes de souffrance liés à l'altitude apparaîtront plus bas, sous les latitudes polaires, que dans les régions équatoriales.

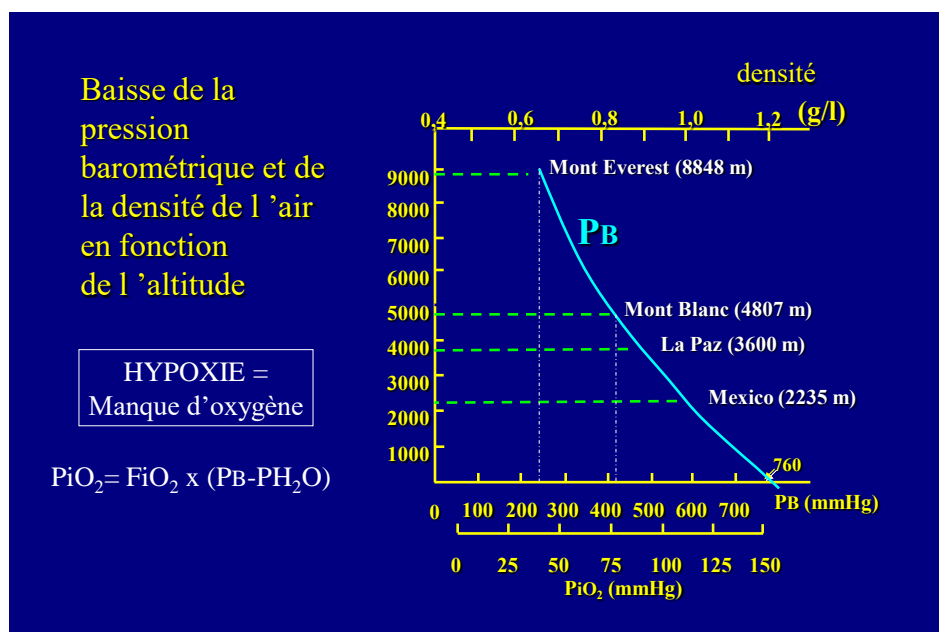
### 2.3 Pression de l'oxygène

La composition de l'air étant invariable, la pression partielle de l'oxygène décroît dans les mêmes proportions que la pression atmosphérique en altitude.

Ainsi au bord de la mer, elle est de  $760 \times 21 \% = 160$  mm de mercure.

Au sommet du Mont Blanc, elle est de  $405 \times 21 \% = 85$  mm de mercure, soit à peu près la moitié.

Et au sommet de l'Everest, elle est de  $230 \times 21 \% = 48$  mm de mercure, soit un peu moins du tiers de la pression atmosphérique au niveau de la mer.

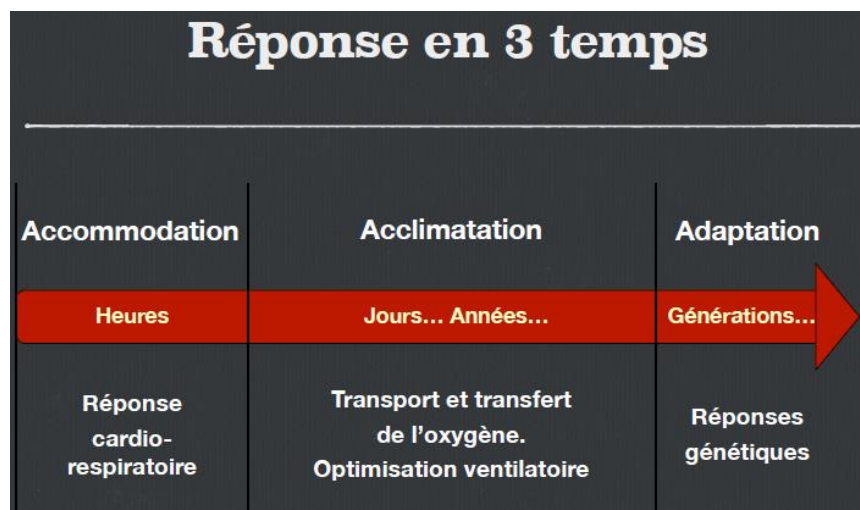


Diapositive – Pr Jean-Paul RICHALET

## 2.4 Rappel des équivalences de pression

760 mm Hg	1013 hPa (hecto Pascal)
1 bar	1000 hPa
1 mbar	1 hPa

### 3. LES DIFFERENTES PHASES BIOLOGIQUES DE LA VIE EN ALTITUDE



*Ifremmont 2014*

#### 3.1 L'accommodation

C'est la phase initiale telle que l'on peut la vivre lors d'une montée en téléphérique ou lors d'un transport aérien, mais également lors d'une course en haute montagne de quelques jours. L'effet immédiat de l'hypoxie d'altitude est l'activation des chémorécepteurs carotidiens avec 2 conséquences :

- L'hyperventilation
- L'activation du système adrénergique

Ces chémorécepteurs sont localisés dans une zone de débit sanguin élevé par rapport aux autres organes. Le stimulus principal des chémorécepteurs périphériques est l'hypoxie due à la diminution de la pression partielle en oxygène. La détection d'une diminution de la saturation en O<sub>2</sub> de l'hémoglobine est responsable d'une réponse cardiovasculaire (tachycardie, augmentation de la pression artérielle) et ventilatoire (augmentation de la fréquence respiratoire) sous la dépendance du tonus sympathique.

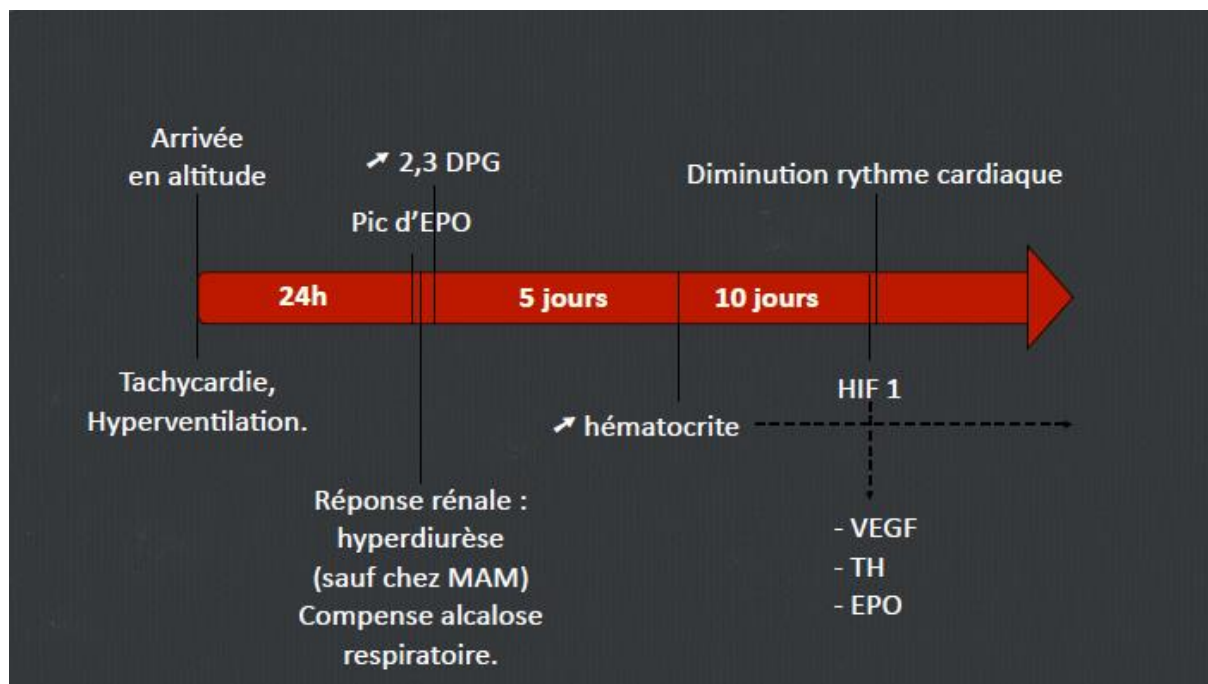
Ces réactions sont bénéfiques puisqu'elles permettent une augmentation de la quantité d'oxygène fournie chaque minute aux cellules. Cependant elles vont entraîner une surcharge de travail pour les appareils ventilatoires et cardiaques. Des contre-indications au séjour en altitude en découlent.

#### 3.2 L'acclimatation et l'acclimatement

Si l'exposition à l'hypoxie se prolonge au-delà de quelques heures, l'organisme met en route des mécanismes d'adaptation plus économiques qui vont progressivement prendre le relais de l'hyperventilation et de la tachycardie. Ces mécanismes ne seront efficaces que si l'exposition à l'altitude est progressive et suffisamment prolongée.

Le phénomène le plus important est l'apparition d'une polyglobulie qui va accroître la capacité de transport de l'oxygène dans le sang. L'élévation de l'hématocrite n'est sensible qu'après 8 à 10 jours en altitude. L'hématocrite peut atteindre 50 à 60 % lors de séjours de plusieurs semaines au-delà de 4 500 mètres d'altitude.

L'ensemble de ces mécanismes constitue le phénomène d'acclimatation qui, une fois bien établi et stabilisé, aboutit à un état d'acclimatement. Cet état permet à un sujet natif du niveau de la mer d'avoir une activité physique quasi normale en altitude.



Ifremmont 2014

VEGF : Vascular endothelial growth factor  
 TH : Tyrosine hydroxylase (précurseur de la dopamine)  
 HIF : Hypoxie inductible factor  
 2,3 DPG : 2,3 DiPhosphoGlycérate



## 4. PHYSIOPATHOLOGIE

### 4.1 Hypoxie aiguë et hypoxie chronique

L'hypoxie aiguë correspond aux premières dizaines d'heures d'exposition à l'altitude. L'hypoxie chronique correspond à une exposition prolongée en altitude. Mais plutôt que de donner des limites imprécises et artificielles à ces deux situations, il convient de les définir d'un point de vue biologique.

#### 4.1.1 Effets de l'hypoxie sur la respiration et les poumons

L'hypoxie provoque une hypertension artérielle pulmonaire qui, associée à l'augmentation du débit cardiaque entraîne d'importantes modifications de la circulation du sang dans les poumons. L'hyperventilation induite par l'hypoxie génère une alcalose respiratoire qui va gêner la circulation cérébrale.

#### 4.1.2 Effets de l'hypoxie sur les fonctions cérébrales

L'hypoxie est à l'origine de nombreuses perturbations des fonctions neurologiques et neuro endocriniennes centrales. Le sommeil, la vigilance, l'appétit sont altérés.

La motricité volontaire est perturbée dans toutes ses composantes.

Les troubles du comportement, de la concentration, et du jugement sont imprévisibles quant à l'altitude et au délai d'apparition. Pour un même sujet ils sont inconstants d'une mission à l'autre.

#### 4.1.3 Effets de l'hypoxie sur la régulation de l'eau et des sels

L'altitude s'accompagne d'importantes modifications du métabolisme de l'eau et des sels. Au cours de l'acclimatation normale, la diurèse augmente, le volume plasmatique diminue mais l'eau totale augmente. L'ensemble des liquides circulants se déplace de la périphérie vers le centre, contribuant encore à la surcharge de la circulation pulmonaire. Chez certains sujets mal adaptés, les mouvements de l'eau et des ions sont perturbés dans le sens d'une rétention hydrique (œdème localisé à la face et aux extrémités ...). La baisse de la pression hygométrique, associée à l'hyper ventilation, augmente les pertes en eau par les voies respiratoires et favorise la déshydratation.



*Œdème de la face  
Présentation du Pr Jean-Paul RICHALET*

#### 4.1.4 Effets de l'hypoxie sur la circulation

La pression artérielle peu modifiée au repos, est plus élevée à l'exercice, après quelques jours passés en altitude. Les vaisseaux rétiniens, témoins de la circulation cérébrale sont dilatés et peuvent être le siège d'hémorragies. Elles sont très fréquentes au-delà de 5500m. La production accrue de globules rouges et la baisse du volume plasmatique, aggravés par la déshydratation, sont responsables d'un accroissement de la viscosité sanguine. Il peut en résulter des perturbations de la microcirculation qui favoriseront l'apparition de thromboses majorée par le gel via des phénomènes de vasoconstrictions et de cryotraumatisme.

#### 4.1.5 Effets de l'hypoxie sur le cœur

Le cœur s'accélère en début de séjour puis ralentit progressivement. Lors d'un exercice maximal, la fréquence cardiaque n'atteint pas les mêmes valeurs qu'au niveau de la mer : le cœur s'adapte en réduisant sa fréquence maximale.

#### 4.1.6 Effets de l'hypoxie sur la fonction digestive

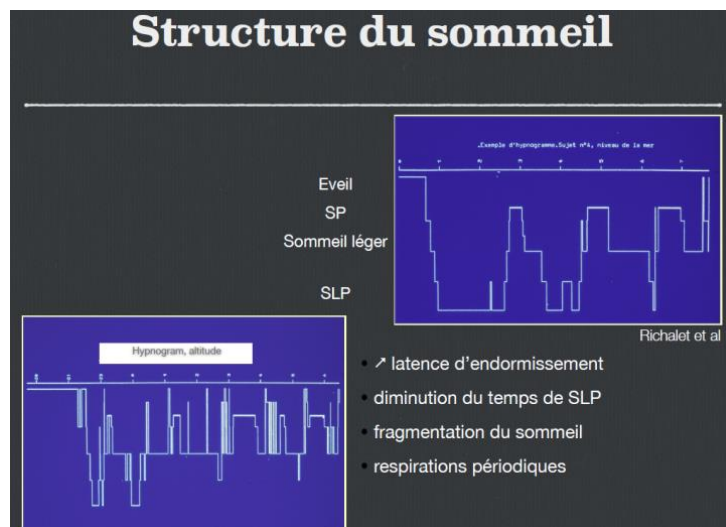
Les troubles digestifs sont très fréquents : ballonnements, diarrhées, constipations, perturbations de l'appétit. Ils sont plus le fait d'une diminution de la pression atmosphérique que de l'hypoxie.

#### 4.1.7 Effets de l'altitude sur le sommeil

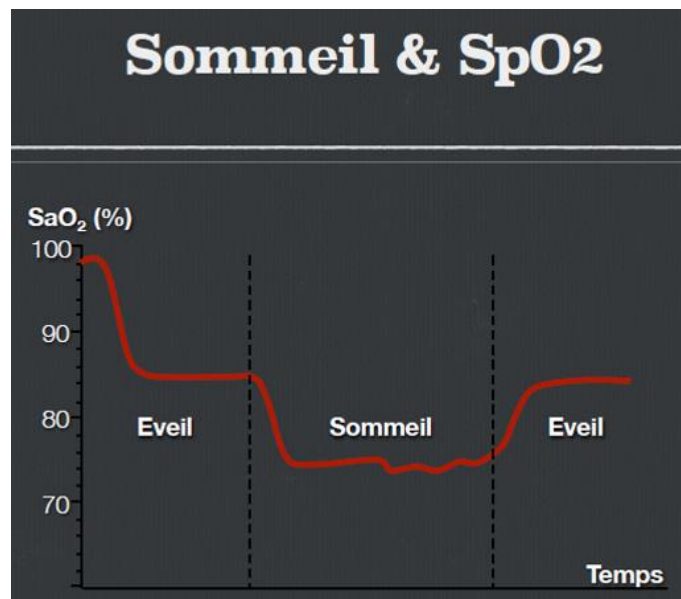
Au-delà de 3000m, l'oxygène sanguin baisse de 10% pendant le sommeil.

Le sommeil est perturbé : latences d'endormissement, pauses respiratoires, fragmentation du sommeil, sensation de manque d'air. Les pauses respiratoires, qui peuvent être angoissantes, sont à l'origine de micro-réveils qui permettent de relancer la respiration et d'augmenter le taux d'oxygène dans le sang.

La prise d'alcool et/ou de sédatifs a un effet négatif sur les pauses respiratoires.



Ifremmont 2014



Ifremmont 2014

Il est recommandé de limiter les efforts le soir (éviter qu'effort et sommeil ne soient trop rapprochés – latence de 2 à 3 heures), dormir à l'altitude la plus basse possible.

## 4.2 Les ambiances froides

L'homme est homéotherme, c'est à dire que son organisme est capable de maintenir sa température centrale autour de 37 degrés.

Le bilan thermique est la somme algébrique des flux de chaleur produits par l'homme, et des flux de chaleur échangés avec l'environnement. Il doit être nul.

Les ambiances froides sont celles pour lesquelles le bilan thermique est négatif.  
(Déperdition > à la production).

### 4.2.1 Les échanges thermiques

Ils se font selon 4 modes :

- La conduction : échanges entre 2 milieux immobiles.
- La convection : échanges entre 1 solide et 1 fluide en mouvement.
- La radiation : rayonnement électro-magnétique.
- L'évaporation au niveau cutané et pulmonaire.

### 4.2.2 La régulation thermique

Notion de noyau et d'enveloppe.

Il s'agit de notions fonctionnelles et non anatomiques.

Le noyau est formé d'organes vitaux (cœur, cerveau, viscères) dont la température doit rester proche de 37 degrés.

L'enveloppe représente les autres tissus dont la peau et les extrémités. Elle va servir d'échangeur thermique et de système d'isolation.

### Moyens physiologiques de lutte contre le froid

#### ➤ Diminuer la thermolyse :

Le but est d'isoler le noyau central (organes vitaux). Elle se fait essentiellement par vasoconstriction périphérique avec une redistribution de la volémie au profit du noyau. Elle sera accompagnée d'une hyper-diurèse.

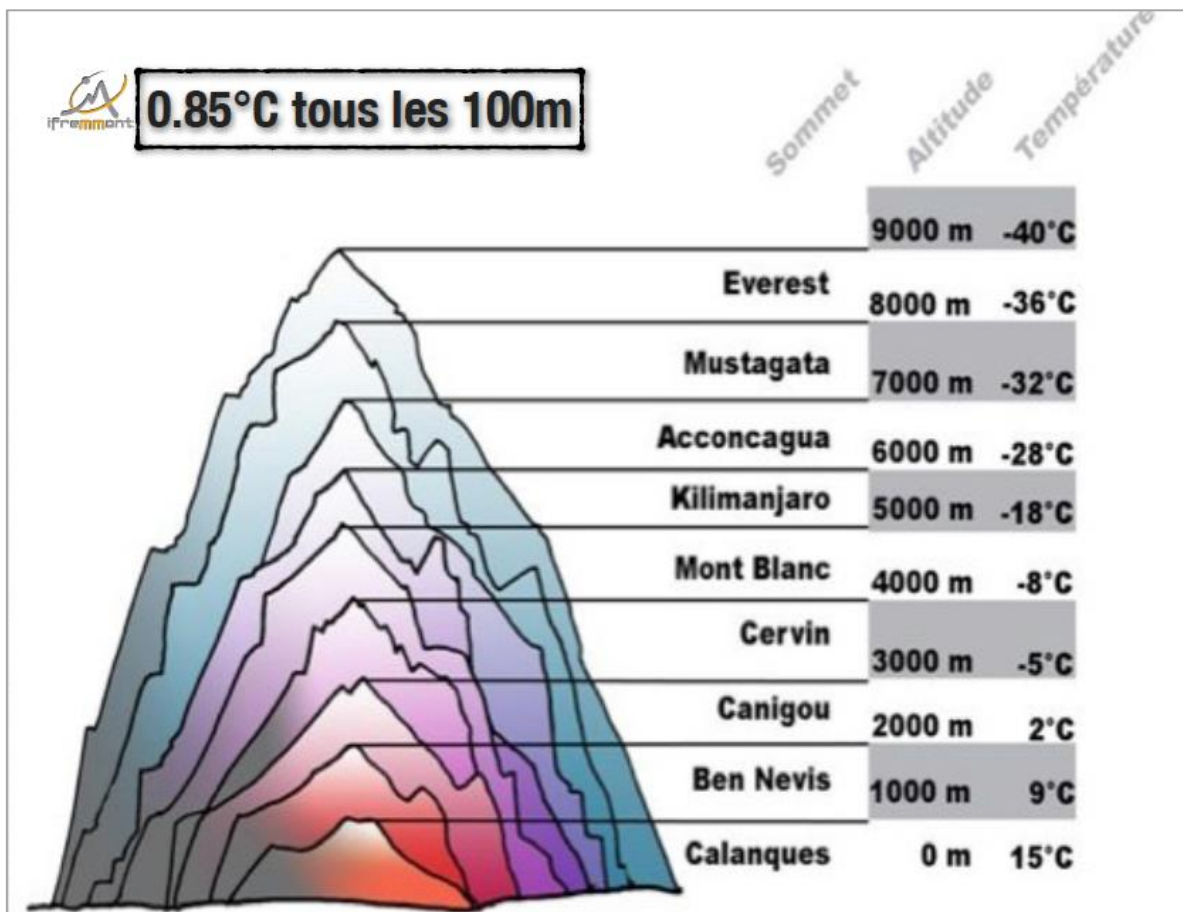
#### ➤ Augmenter la thermogenèse :

L'activité musculaire est la plus importante source de chaleur de l'organisme.

Le frisson, série de contractions rythmiques des muscles sous-cutanés, ne produit aucun travail mais uniquement de la chaleur. C'est un système très efficace pour augmenter la thermogenèse.

La thermogenèse est dépendante des réserves énergétiques et de l'oxygène nécessaire pour les métaboliser : elle est donc diminuée chez l'hypoxique, l'épuisé, le traumatisé.

#### ➤ L'adaptation au froid se fait par une augmentation du métabolisme de base qui provoque une augmentation de la fréquence cardiaque.



Ifremmont

## Hypothermie et cerveau

Tolérance cérébrale à l'anoxie selon la température centrale <sup>(4)</sup>	
37°C	3 minutes
25°C	15 minutes
20°C	30 minutes
15°C	60 minutes

- ☐ Tolérance cérébrale à l'hypoxie (Rousseau et col 1996)
- ☐ Consommation d'oxygène diminue de moitié pour chaque tranche de 10°C perdue
- ☐ Le métabolisme basal descend à 50% de sa valeur normale à 30°C et de 20% à 20°C (5% par degré perdu)

Ifremmont

### 4.3 Cas particulier du fumeur en altitude

Celle ou celui qui fume 20 cigarettes par jour « vit en permanence à 2 500 mètres », mais ce n'est pas pour autant qu'il s'acclimate à l'altitude. Son système de transport des gaz dans le sang est encombré de CO qui occupe la place de l'oxygène. La quantité de CO est proportionnelle au nombre de cigarettes : 4 à 7 % pour 15 à 20 cigarettes par jour, 8 à 15% pour 25 à 35 cigarettes par jour.

Fumer en altitude, ne fait qu'augmenter le pourcentage de CO dans le sang. Ainsi, l'altitude réelle d'un non-fumeur n'est pas la même que celle du fumeur à côté de lui.

Un tabagisme important peut amener le médecin à prononcer une contre-indication au départ.

**Un électrocardiogramme d'effort est nécessaire pour tout fumeur âgé de plus de 35 ans.**



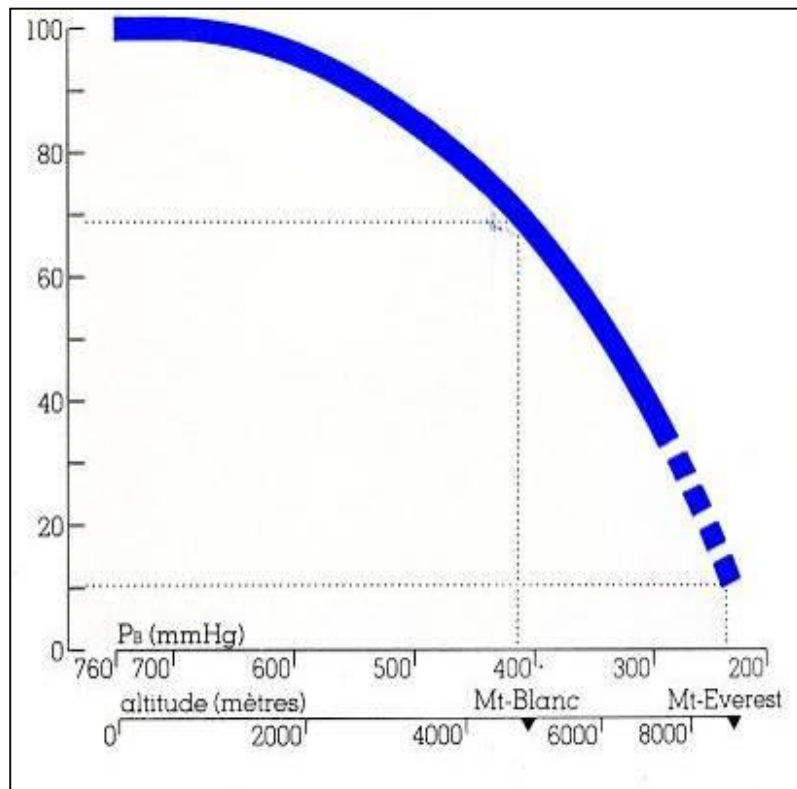
## 4.4 Les performances physiques en haute altitude

Vivre au repos, en altitude, ne pose pas trop de problèmes, mais dès que l'organisme augmente sa dépense énergétique le manque d'oxygène devient un facteur limitant de la performance.

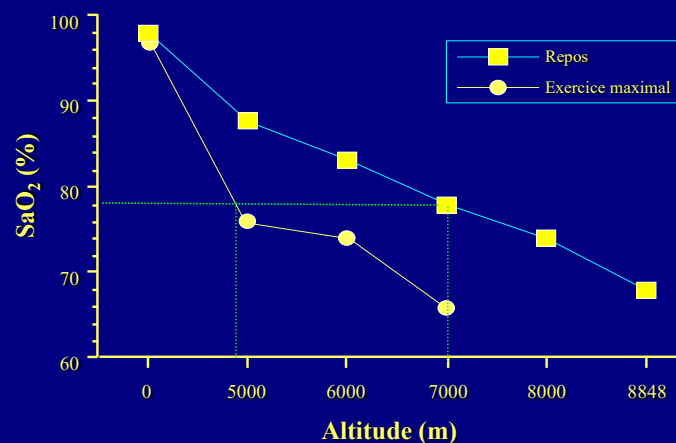
La consommation maximum d'oxygène (VO<sub>2</sub> max) diminue progressivement en altitude.

A l'observatoire d'Hawaï situé à 4500 mètres d'altitude, un sujet à son arrivée n'a plus que 68% environ de ses capacités du niveau de la mer.

% (VO<sub>2</sub> max)



### Saturation artérielle en O<sub>2</sub> en haute altitude



Diapositive du Pr Jean-Paul RICHALET

## 5. LA PATHOLOGIE DE LA HAUTE MONTAGNE

### 5.1 Maladies liées à l'altitude

#### 5.1.1 Le mal aigu des montagnes (MAM)

Ensemble de symptômes en relation avec la réaction de l'organisme à l'altitude. Il est lié à l'hypoxie (la baisse de la pression partielle en O<sub>2</sub> dans l'air ambiant) et à l'hypoxémie (baisse de la « concentration » en O<sub>2</sub> dans notre sang) qui en découle.

##### ➤ Circonstances de survenue

Le mal aigu des montagnes survient à une altitude variable selon les individus. Rare en dessous de 2000 mètres, fréquent à partir de 3500 mètres, 70% des sujets en souffrent à partir de 4000 mètres. Il peut survenir à basse altitude même sur des sujets jeune et en bonne santé.

Son apparition est de 4 à 8 heures après l'arrivée en altitude avec une évolution de 3 à 4 jours, l'intensité maximale étant la nuit ou le matin au réveil. L'acidose a un rôle important dans l'apparition des signes cliniques.

##### ➤ Signes cliniques

Le MAM est caractérisé par un ensemble de troubles pouvant associer : céphalées, insomnies, anorexie, nausées et/ou vomissements, diarrhées, œdèmes localisés (face, chevilles), diminution de la diurèse, vertiges, dyspnée, asthénie, toux sèche.

Un score clinique peut être établi à partir des signes observés :

Stade 1 Maux de tête calmés par les antalgiques courants (Paracétamol, aspirine) Nausées ou perte d'appétit, diarrhées Insomnies Vertiges	1 point
Stade 2 Maux de tête ne cédant pas à l'aspirine/paracétamol ... Vomissements	2 points
Stade 3 Essoufflement au repos Fatigue anormale, importante ou trop intense Troubles de l'équilibre et/ou troubles du comportement Baisse de la diurèse (urines peu abondantes)	3 points



**Il y a souvent un déni des symptômes**

**Dans 5% des cas les maux de tête sont absents. Dans ce cas, c'est la fatigue anormale et les signes digestifs (nausées, vomissements) qui prédominent.**

#### Score

de 1 à 3 points	MAM léger
de 4 à 6 points	MAM modéré
> à 6 points	MAM sévère

### ➤ Facteurs de risque de MAM

- Altitude supérieure à 3 000 mètres.
- Vitesse de montée trop élevée.
- Efforts intenses en début de séjour.
- Hydratation insuffisante.
- Obésité.
- Ronfleur/apnées du sommeil.
- Stress.

Le tabac, les pathologies cardiovasculaires n'ont pas d'incidence sur la survenue d'un MAM.

Un MAM peut survenir chez des sujets jeunes et/ou surentraînés par surévaluation de leur capacité pouvant conduire à un comportement inadapté.

### ➤ Facteur prédisposant

- Faible sensibilité des chémorécepteurs à l'hypoxie. Cette sensibilité peut être explorée par une épreuve ventilatoire en hypoxie (HVR).

**Tout signe de malaise doit être rapporté à l'hypoxie et à la « mal adaptation à l'altitude ».**

En général, par ignorance ou déni, on essaye d'expliquer les signes cliniques du mal des montagnes :

- les insomnies sont attribuées aux mauvaises conditions de couchage,
- les céphalées sont mises sur le compte du soleil, du manque de sommeil...,
- les nausées, les vomissements à la mauvaise nourriture et aux digestions difficiles,
- la toux à l'air sec et froid,
- l'œdème localisé à la marche et à l'effort physique inhabituel.

### ➤ Conduite à tenir et traitement

- MAM léger : poursuite possible du séjour voire de l'ascension en restant vigilant à l'évolution des symptômes (voir scores).  
Respecter les paliers ! Ne pas dépasser :
  - 500 à 800 mètres maximum de dénivelé par nuit consécutive jusqu'à 3000 mètres
  - 400 mètres jusqu'à 4000 mètres

Des antalgiques de type Aspirine et/ou Paracétamol estompent le plus souvent les céphalées.

La vigilance soutenue s'impose, à l'affût des moindres risques d'aggravation.

- MAM modéré : prise d'antalgique, et arrêt de l'ascension avec repos (1 jour ou 2). Conseil médical indispensable pour la poursuite de la mission.
- MAM sévère :
  - Oxygénothérapie
  - Redescendre rapidement à une altitude inférieure. Poursuivre le séjour expose aux complications redoutables que sont les œdèmes cérébral et pulmonaire.
  - Caisson de recompression (voir annexe)
  - Prévention médicamenteuse éventuelle

### ❖ L'Acétazolamide (DIAMOX®) : (voir chapitre 8.2.1)

Le Diamox diminue l'œdème cérébral et les signes du mal aigu des montagnes (action diurétique et diminution de pression du LCR). L'élimination accrue des bicarbonates abaisse plus rapidement le pH sanguin à une valeur normale chez ces sujets présentant une alcalose gazeuse.

Sa prescription n'est pas recommandée systématiquement lors d'un premier séjour sans avis médical. L'acclimatation naturelle sans médicament est la meilleure qui soit.

Le Diamox peut être prescrit en prévention du MAM :

- chez des sujets présentant régulièrement un MAM malgré une bonne acclimatation,
- si une montée progressive n'est pas possible (ex : arrivée à La Paz en avion).

Commencer la veille de la montée en altitude, poursuivre jusqu'à l'altitude maximale.

Posologie généralement recommandée : 125 mg le matin et 125mg le midi.

Il est indispensable de bien s'hydrater et il est préférable de ne pas en prendre le soir à cause de l'effet diurétique.

Il est contre-indiqué en cas :

- d'allergie aux sulfamides,
- de coliques néphrétiques récidivantes,
- de grossesse,
- de risque de décollement de rétine.

Effets secondaires fréquents

- Diurèse augmentée,
- dysesthésies et paresthésies des extrémités,

#### ❖ Le sildénafil (REVATIO®)

Son action est bénéfique sur le MAM et surtout sur l'œdème pulmonaire. Il peut être une alternative au DIAMOX®.

### 5.1.1.1 Prévention du MAM

#### ➤ Respect des paliers d'ascension +++

- 500 à 800 mètres maximum de dénivelé par nuit consécutive jusqu'à 3000 mètres
- 400 mètres jusqu'à 4000 mètres

Si le respect de ces paliers n'est pas possible, il est conseillé de réaliser 1 ou 2 ascensions la semaine précédant le séjour en dormant à environ 3000 mètres.

Si cela n'est pas possible, dans le cas d'une arrivée à La Paz par exemple, une prévention par DIAMOX® peut être envisagée. (Voir fiche)

#### ➤ Hydratation

Elle permet de mieux s'acclimater en entretenant une bonne fonction rénale.

Elle n'est pas responsable des œdèmes d'altitude.

#### ➤ Consultation préventive

Pour un premier séjour en altitude il est recommandé de faire un test d'effort à l'hypoxie afin de tester la sensibilité de ses chémorécepteurs.

Le médecin de prévention jugera de l'opportunité d'une consultation spécialisée en fonction de l'état de santé et des conditions du séjour.

## 5.1.2 L'œdème pulmonaire de haute altitude (OPHA)

### ➤ Circonstances de déclenchement

L'OPHA survient lors d'une montée trop rapide en altitude, suivie d'un séjour prolongé. La plupart des cas décrits survient entre 3 000 et 4 000 mètres (85 %), exception faite pour l'Himalaya où la plupart des OPHA survient vers 5 000 mètres.

Ces différences sont dues à l'originalité géographique de chaque pays. Dans les Andes où l'accès à la haute altitude est rapide par route, par chemin ou par avion, l'OPHA apparaît plus rapidement et à plus basse altitude.

La déshydratation et l'effort intense jouent un rôle très important dans la survenue de cette pathologie.



**Il peut survenir chez des sujets jeunes et en pleine santé**  
**Il existe une grande sensibilité individuelle**

### ➤ Les signes cliniques

L'OPHA survient en début de séjour et le plus souvent au-delà de 7 heures après l'arrivée à une altitude supérieure à 3 000 mètres.

Le début des troubles est habituellement **nocturne, progressif**. Ce sont tout d'abord les signes du mal aigu des montagnes : **céphalées, insomnies, nausées**, auxquels s'associent des signes respiratoires : **dyspnée de repos, toux sèche**.

L'aggravation est très rapide et réalise un tableau de **grande dyspnée**, avec **cyanose**, expectoration rose et mousseuse, somnolence, apathie et confusion.

A l'examen clinique le pouls est rapide, l'auscultation trouve des foyers de râles crépitants qui sont souvent non systématisés et peuvent faire suspecter une pneumopathie aiguë.

La température est le plus souvent normale, l'existence d'une fièvre ne doit pas faire infirmer le diagnostic.

Parfois le tableau est d'emblée dramatique : après une journée d'activité physique intense, sans signes précurseurs apparents, une défaillance respiratoire aiguë survient pendant la nuit et le sujet est trouvé, le lendemain matin, inconscient et asphyxique.

Une personne qui a déjà fait un œdème pulmonaire de haute altitude a un plus grand risque de récurrence.

### ➤ Physiopathologie

La **sensibilité individuelle** est sans doute un facteur déterminant : une modification de la sensibilité des chémorécepteurs et de la réponse ventilatoire à l'hypoxie peut favoriser l'hypoxémie et la survenue de l'œdème.

Il ne faut pas négliger l'importance du stress.

### ➤ Conduite à tenir et traitement

La descente est une urgence dès l'apparition des premiers signes.

Le traitement associe **descente, repos, oxygénothérapie, caisson**, et traitement médical.

### ➤ La redescente

Les conditions locales rendent parfois difficile la mise en pratique de ce schéma : malade inconscient, terrain difficile, absence d'oxygène. Il importe donc que la redescente soit décidée le plus tôt possible, dès l'apparition des premiers signes, quand le malade peut encore aider les secours.

En cas d'impossibilité de redescente immédiate, une heure de recompression en caisson entraîne une diminution des symptômes permettant ainsi une redescente de la personne (voir chapitre 8.3 Utilisation du caisson).

La guérison est rapide et sans séquelle si la redescente est précoce.





*Caisson Certec - Photo issue d'une présentation du Pr Jean-Paul RICHALET*

### ➤ L'oxygénothérapie

L'oxygénothérapie à un débit de 5 à 7l/min apporte une amélioration spectaculaire.

**Néanmoins la descente à une altitude inférieure est impérative pour éviter une récurrence de l'œdème à l'arrêt du traitement.**

L'amélioration est souvent si spectaculaire qu'elle amène le patient à douter du bien-fondé de la décision prise de le faire redescendre.

**Tout signe pulmonaire survenant en altitude doit être considéré et traité comme un œdème pulmonaire.**

Il n'y a aucun risque à faire redescendre une pneumonie en basse altitude, mais on peut provoquer la mort d'un malade présentant un OPHA en le laissant sur place, traité par des antibiotiques !

Décès dans 44 % des cas non traités.

### ➤ Traitement médical

**Il associe un vasodilatateur et un corticoïde :**

- Corticothérapie : dexaméthazone 4mg toutes les 6 heures.
- Vasodilatateur :
  - Inhibiteur calcique : ADALATE® 20mg sub-lingual suivi de 20mg LP toutes les 4 heures.
  - Ou Sildenafil (REVATIO®) 3X 40mg par jour : ce médicament agit sur l'œdème pulmonaire uniquement.

### 5.1.3 L'œdème cérébral de haute altitude (OCHA)

Le cerveau est, après le cœur, l'organe qui consomme le plus d'oxygène par gramme de tissu. Ainsi le cerveau est très sensible à l'hypoxie qui constitue avec l'hypercapnie un stimulus déterminant de la régulation de la circulation cérébrale.

Le tableau d'un œdème cérébral d'altitude est au début celui d'un mal aigu des montagnes qui s'aggrave rapidement. Puis, si l'évolution n'est pas enrayée par une descente immédiate, apparaissent **la stupeur, le coma** et rapidement **la mort**.

#### ➤ Signes cliniques

Les fonctions supérieures atteintes en premier sont :

- **Le jugement**, l'appréciation d'une situation, la prise de décision.
- **Les céphalées** sont souvent insoutenables, résistantes à l'aspirine et parfois même à la morphine. Elles s'accompagnent de **nausées**, voire de **vomissements** en jet.
- Ataxie, **marche titubante**.

Rapidement d'autres signes apparaissent :

- Les **hallucinations** sont fréquentes : des alpinistes ayant atteint de très hautes altitudes ont à plusieurs reprises rapporté le cas du « compagnon imaginaire » que l'on attend au relais et à qui l'on offre de la nourriture.
- Les incohérences verbales et les réactions émotives exagérées voire paranoïaques sont fréquentes : **un syndrome psychiatrique en altitude doit faire évoquer un œdème cérébral**.
- Le **coma** peut survenir rapidement et aboutir à la mort en quelques heures.

A l'examen on peut trouver un niveau de conscience altéré avec une désorientation temporo-spatiale, un défaut de coordination des mains (adiadococinésie), voire des paralysies tronculaires objectivées par une diplopie, une asymétrie faciale ou une dysarthrie.

#### ➤ Conduite à tenir et traitement

Redescente +++ à une altitude inférieure à 2 500 mètres si possible sinon quelques centaines de mètres en moins (500 mètres au moins) pourront déjà suffire à enrayer l'évolution grave d'un œdème cérébral débutant. La recompression en caisson s'impose devant une redescente impossible du malade.

- Les corticoïdes sont à administrer en urgence parallèlement à la recompression ou la redescente :
  - Bétaméthasone (CELESTENE®) 2 ampoules de 4 mg soit 8 mg en injection sous-cutanée ou intramusculaire puis 4 mg toutes les 6 heures.
  - Ou SOLUPRED® 20 mg en comprimé sublingual (3 à 4 comprimés en une prise).

L'administration de DIAMOX® est sans effet sur un œdème cérébral établi.

**Le délai qui s'écoule entre l'apparition des signes d'œdème cérébral et la perte d'altitude, va déterminer le pronostic de l'atteinte cérébrale.**

## 5.2 Maladies liées au froid

### 5.2.1 Hypothermie

On parle d'hypothermie quand la température centrale du corps humain descend en dessous de 35°C.

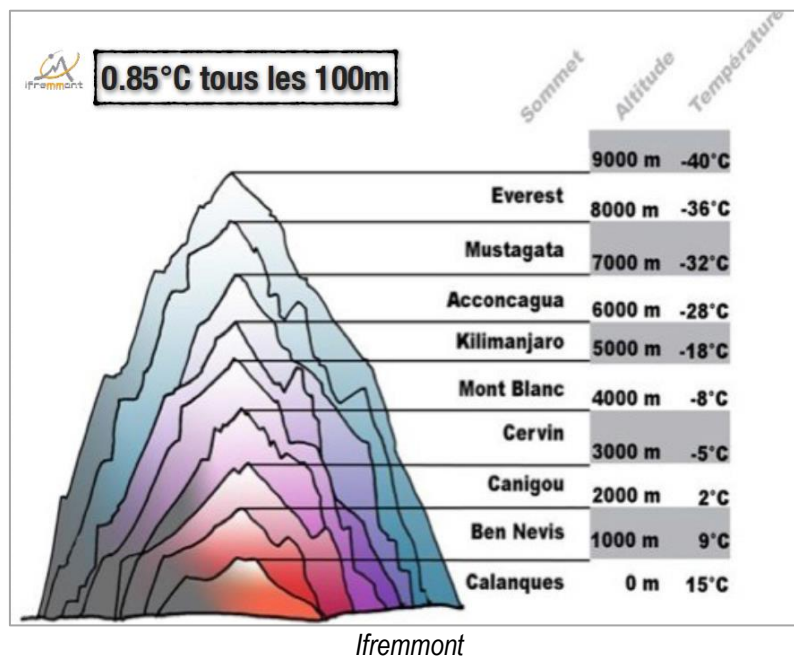
Tous les spécialistes ne sont pas tout à fait d'accord sur la façon de définir les niveaux de gravité de l'hypothermie. Certains préconisent une classification en fonction de la température, d'autres en fonction du risque potentiel, d'autres en fonction du mécanisme impliqué, etc...

La classification la plus utilisée est basée sur la température centrale. .

Le seuil de gravité se situe en dessous de 32°C, mais dépend du patient, et de la vitesse d'installation de l'hypothermie.

#### ➤ Facteurs favorisants

Vent, hypoxie, humidité, déshydratation, dénutrition, épuisement, immobilité, alcool, équipements inadaptés.



**Température équivalente (°C) ressentie par la peau nue,  
en fonction de la température ambiante et de la vitesse du vent :**

Vitesse du vent (km/h)	Température de l'air (C)													
	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
10	13	8	2	-3	-9	-14	-20	-25	-31	-36	-42	-47	-53	-58
15	11	5	-1	-7	-13	-19	-25	-31	-37	-43	-49	-55	-61	-67
20	10	3	-3	-9	-16	-22	-29	-35	-41	-48	-54	-61	-67	-74
25	9	2	-5	-11	-18	-25	-32	-38	-45	-52	-59	-65	-72	-79
30	8	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-83
35	7	0	-7	-15	-22	-29	-36	-43	-51	-58	-65	-72	-79	-87
40	6	-1	-8	-16	-23	-31	-38	-45	-53	-60	-67	-75	-82	-90
45	6	-2	-9	-17	-24	-32	-39	-47	-54	-62	-69	-77	-84	-92
50	5	-2	-10	-18	-25	-33	-40	-48	-56	-63	-71	-79	-86	-94
55	5	-3	-10	-18	-26	-34	-41	-49	-57	-65	-72	-80	-88	-96
60	5	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-66	-74	-81	-89	-97
65	5	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-74	-82	-90	-98
70	4	-4	-12	-20	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-75	-83	-91	-99
75	4	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84	-92	-100
80	4	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84	-92	-100

Température équivalente (°C)	Effets de la froideur du vent
-1° et plus	Frais. Faiblement inconfortable.
-10° à -1°	Froid. Inconfortable.
-18° à -10°	Très froid.
-29° à -18°	Froid cinglant. Danger faible : gelures possibles lors d'exposition prolongée.
-50° à -29°	Froid intense. Danger grand : gelures probables lors d'exposition prolongée.
En dessous de -50°	Froid extrême. Danger considérable : la peau exposée peut geler en moins de 30 secondes.

<http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/froideur.htm>

## ➤ Clinique

Tous les organes diminuent leur métabolisme à des degrés divers, ce qui entraîne une symptomatologie riche et qui varie selon la profondeur de l'hypothermie et l'état hémodynamique.

En l'absence de thermomètre on peut évaluer la gravité de l'hypothermie par l'observation des signes suivants :

- **37° / 35°C. Hypothermie légère. Lutte active contre le froid.**

On note une altération des fonctions intellectuelles sous forme de ralentissement psychique, voire d'euphorie avec réflexes vifs et myosis.

Le sujet est conscient. Frissons intermittents.

- **35° / 32°C. Hypothermie modérée.**

Frissons permanents

L'individu est conscient

Début de confusion mentale et surtout altération du jugement : obnubilation, désorientation.

(La tension artérielle chute).

- **32° / 28°C. Hypothermie sévère.**

Arrêt des frissons (disparition de la lutte active contre le froid)

Contracture musculaire, rigidité

Hallucinations, délire, somnolence

Hospitalisation nécessaire

- **28° / 25°C. Hypothermie majeure.**

Coma, rigidité musculaire

La personne respire et le cœur bat

**C'est une urgence absolue** qui nécessite l'hospitalisation en réanimation sous perfusion, et des précautions extrêmes de transport.

- **25° / 0°C. Hypothermie létale.**

Etat de mort apparente : mydriase aréactive, coma profond, disparition des réflexes ostéo tendineux, rigidité musculaire généralisée, pouls et tension imprenables.



**Ne jamais conclure trop vite à la mort d'une personne en hypothermie profonde.**

**On ne peut prononcer le décès que lorsque la personne a été réchauffée.**

**Tout traumatisé en montagne est suspect d'hypothermie et toute hypothermie réfractaire doit faire suspecter un traumatisme.**

**Ne pas frictionner une personne sans frissons, elle est « comme de la porcelaine ».**



### ➤ Conduite à tenir et traitement

Il passe dans tous les cas par le réchauffement : protéger du froid, boisson chaude, bouillote, couverture, chaleur humaine...

Conscient avec frissons	Inconscient avec pouls	Inconscient sans pouls
Au-dessus de 32°C	Entre 32°C et 28°C	En-dessous de 28°C
<p>Protéger du froid et réchauffer énergiquement.</p> <p>Enlever les vêtements s'ils sont mouillés.</p> <p>Frotter la personne avec des linges secs et l'envelopper avec un duvet ou l'approcher d'une source de chaleur.</p> <p>Donner des boissons chaudes.</p>	<p>Protéger du froid mais ne pas chercher à réchauffer énergiquement car risque d'arrêt cardiaque.</p> <p>Alerte, demande de médicalisation et évacuation vers un hôpital.</p> <p>Surveiller le pouls et masser si le pouls s'arrête.</p> <p>En expédition, rapatrier sous une tente en douceur. Réchauffer avec bouillottes</p>	<p>Protéger du froid.</p> <p>Massage classique à un rythme de 80/min.</p> <p>Alerte, demande de médicalisation et évacuation vers un hôpital si la victime semble être en arrêt depuis peu de temps.</p> <p>En expédition, rapatrier sous une tente en douceur. Réchauffer avec bouillottes et duvet... et priez</p>
<p>Traiter les lésions graves et perfusions chaudes si nécessaires</p>	<p>Traiter les lésions graves.</p> <p>Mobiliser en douceur. Évacuer vers un centre muni d'une CEC.</p> <p>Éviter les gestes invasifs (ni intubation ni perfusion systématique)</p>	<p>Réanimer (3 chocs électriques et intubation conseillée)</p> <p>Évacuer vers un centre muni d'une CEC.</p> <p>Pas de drogue vaso-active (inefficace)</p>

*Ifremmont*

### 5.2.2 Gelures

La gelure est une lésion fréquente provoquée par l'action directe du froid au cours d'une exposition plus ou moins longue à une température inférieure à 0 degré. Notons le rôle important de l'humidité.

#### ➤ Physiopathologie

Il y a 2 mécanismes simultanés :

- Un mécanisme cryobiologique avec lésions cellulaires directes : formation de cristaux (le froid gèle le plasma sanguin qui se met en paillettes), dilacération avec rupture des protéines membranaires et déshydratation.
- Des mécanismes vasculaires :
  - vasoconstriction périphérique initiale,
  - puis vasodilatation active lors du réchauffement (onglée),
  - puis spasme vasomoteur durable entraînant une diminution du débit de perfusion,
  - une agrégation des hématies, des plaquettes entraînant la formation de micro thromboses diffuses.

#### ➤ Symptômes

- Signes d'alarme
  - Perte de sensibilité des extrémités résistante à un massage et réchauffement actif.
  - Absence de douleur (pouvant induire en erreur).
  - Pâleur des extrémités qui sont livides.

- **Stades et conduite à tenir**



### **Stade 1**

Concerne les phalanges distales.

La sensibilité revient après réchauffement par massage ou bain d'eau chaude.

Les téguments redeviennent rosés.

La guérison survient en 10 jours sans séquelles.

On peut donner de l'aspirine : 250 mg/jour.

### **Stade 2**

Les phalanges distales restent bleues et violacées.

La perte de sensibilité persiste.

Apparition de petites phlyctènes.

Pas de risque d'amputation mais il faut arrêter l'exposition au froid et donner un bain d'eau chaude additionnée d'un antiseptique doux (Bétadine®).

Guérison en 1 mois.

Aspirine 250 mg/jour.

### **Stade 3**

L'aspect bleuté et la perte de sensibilité remontent jusqu'aux phalanges proximales mais ne touchent ni la paume, ni l'avant-pied.

Réchauffement rapide : 1 heure dans un bain à 38°, 40° additionné d'un antiseptique doux (Bétadine®).

Pansement stérile.

Rapatriement en urgence.

Le risque d'amputation est important.

Aspirine : 250 mg/j à titre préventif et thérapeutique.

Nifépidine (ADALATE®) 1 gélule/j.

Traitement antibiotique : Pristinamycine (PYOSTACINE®).

Enoxaparine (LOVENOX®) : 1 injection sous-cutanée de 0,4 ml/jour en cas de marche trop difficile.

### **Stade 4**

L'aspect bleuté et la perte de sensibilité englobent la main et/ou l'avant pied.

Réchauffement très rapide dans de l'eau chaude à 38° additionnée d'un antiseptique doux (Bétadine®).

Rapatriement en urgence +++ , risque majeur d'amputation.

Ne pas tarder à remettre les chaussures si la personne doit encore marcher car ses pieds peuvent gonfler.

Aspirine : 250 mg/j à titre préventif et thérapeutique.

Népidine (ADALATE®) 1 gélule/j.

Traitement antibiotique : Pristinamycine (PYOSTACINE®).

Enoxaparine (LOVENOX®) : 1 injection sous-cutanée de 0,4 ml/jour en cas de marche trop difficile.

Antalgiques en cas de douleur.

➤ **Evolution d'une gelure sévère**

- En 1 à 2 heures : peau grise, cyanosée, baisse de la température de la pulpe du doigt et extension vers la racine du membre.



- En 24 à 36 heures : phlyctènes blanches ou hématiniques, compressives, nécessitant une excision.



- Après 10 à 15 jours : momification, gangrène sèche



### ➤ Pronostic

L'évaluation ne doit être faite qu'après le réchauffement.  
Le seul diagnostic de certitude sera fait par une scintigraphie au Tc 99 à J2.



## 5.2.3 Engelures

### ➤ Symptômes

L'engelure n'est pas une gelure.  
Elle se caractérise par une lésion inflammatoire superficielle qui apparaît sur la peau (nez, oreilles, mains et pieds) à la suite d'une exposition prolongée au froid.  
Les zones touchées sont rouges/violacées, avec des petits boutons rouges.  
Une démangeaison est souvent présente.

### ➤ Prévention et conduite à tenir

Eviter les bottes et les vêtements synthétiques.  
Bien sécher les extrémités et mettre du talc (pieds).  
On peut aussi envisager un bain avec du permanganate de potassium.

## 5.2.4 La bronchite irritative de haute altitude

### ➤ Physiopathologie

La haute altitude génère une hyperventilation d'air sec contenant des particules de glace.  
Cela entraîne une déshydratation et un œdème de la muqueuse des bronches et des bronchioles (inflammation) avec pour conséquence une obstruction bronchique (contraction des muscles lisses).

### ➤ Symptômes

Toux sèche, quinteuse souvent déclenchée par l'inspiration forcée.

### ➤ Prévention et traitement

Se protéger par un foulard ou un masque devant la bouche.  
En cas de toux rebelle on peut utiliser un spray de corticoïdes : BECOTIDE® 3 à 6 bouffées/jour.  
**Attention aux médicaments à base de codéine qui sont des dépresseurs ventilatoires**

### 5.3 Les maladies liées au rayonnement solaire et chaleur

La filtration des rayons solaires diminue avec l'altitude, le pouvoir réfléchissant de la neige accentuant leur nocivité potentielle. Le rayonnement UV responsable de la plupart des dommages, est un rayonnement froid qui ne provoque aucune sensation de chaleur. Son intensité augmente d'environ 10% par tranche de 1000 mètres.

Par ailleurs plus on se rapproche de l'équateur, plus le rayonnement UV est intense.

Même si le rayonnement UV atteint son intensité maximale lorsque le ciel est limpide, son intensité peut rester élevée avec une couverture nuageuse, du fait de sa dispersion par les molécules d'eau en suspension dans l'atmosphère.

Les personnes effectuant des séjours courts sont davantage exposées à des dommages de court terme (coups de soleil, ophtalmies). Les usagers réguliers sont plus à risque de développer des pathologies cancéreuses (carcinomes, mélanomes) et des affections oculaires (cataracte, DMLA - dégénérescence maculaire liée à l'âge - précoce, photo-kérato-conjonctivites). Les effets sur la peau dépendent en partie du phototype de chacun.

Les brûlures et gerçures des lèvres sont des crevasses douloureuses qui peuvent être soulagées par des crèmes apaisantes, mais qui sont souvent assez longues à cicatriser (8 à 15j).

**Herpès labial** : caractérisé par la survenue de boutons blanchâtres, suintants et douloureux sur les lèvres, il évolue par poussées récurrentes, favorisées par la fatigue, le stress et le soleil. Les porteurs de cette infection localisée ne doivent pas oublier d'emporter leur traitement.

**Les coups de soleil et brûlures des lèvres** sont prévenus par l'application d'une crème solaire en insistant sur les parties proéminentes (nez, oreilles, front). Plus l'indice de protection est bas, plus il faudra renouveler l'application (ex environ 5 applications quotidiennes pour un indice 50 qui est l'indice maximal). Il est également recommandé de porter une casquette avec visière et protection de la nuque. Pour les peaux très sensibles ou légèrement brûlées, l'application de crèmes opaques à base de zinc peut être recommandée (OXYPLASTINE®). Le port de lunettes de protection solaire à verres filtrants de classe IV avec cache permettra de prévenir la survenue **d'une ophtalmie des neiges** (voir chapitre 5.4.3 Ophtalmie des neiges (ou de soleil)).

## 5.4 Les pathologies oculaires

### 5.4.1 Les hémorragies rétinienne de haute altitude

Elles surviennent généralement après la phase d'acclimatation.

Fréquentes chez tout alpiniste à partir de 5000 mètres.

Plus l'altitude est importante plus le risque est élevé.

Elles n'ont pas toujours une traduction clinique.

#### ➤ Physiopathologie

En altitude, la déshydratation et l'augmentation du nombre de globules rouges, qui rend le sang plus épais, vont ralentir la circulation sanguine.

Il y a une augmentation de l'hématocrite et des petits caillots de sang peuvent se former.

Sur la rétine, ces caillots bouchonnent et l'augmentation de pression provoquée par cette mauvaise circulation entraîne des ruptures et des microhémorragies du fond de l'œil qui peuvent se traduire par des troubles de la vision.

La plupart du temps, ces hémorragies sont tellement petites que la vision n'en est pas affectée.

Par contre, les hémorragies plus importantes peuvent être dangereuses.

#### ➤ Symptomatologie

Les signes sont **unilatéraux** : impression de voir des tâches ou un voile noir, de flou visuel ou perte brutale d'une partie plus ou moins grande du champ de vision. Pas de douleur en règle générale.

Il sera parfois nécessaire de masquer un œil puis l'autre pour s'apercevoir qu'un seul côté est atteint.

#### ➤ Conduite à tenir

Tester son œil.

En cas de perte d'une partie du champ visuel la poursuite du séjour est formellement contre indiquée. Il y a un risque de perte de la vision de l'œil atteint.

Redescendre. Rapatriement obligatoire en urgence.

Prendre du DIAMOX® qui diminuera la pression intra oculaire

Ne pas prendre d'aspirine. L'arrêter si la personne en prenait déjà.

Les personnes ayant déjà souffert de problèmes rétiens doivent consulter leur ophtalmologue avant de partir.

### 5.4.2 Gelure de cornée

Survient le plus souvent par vent froid en altitude, lorsque les lunettes n'ont pas de coque latérale.

#### ➤ Symptomatologie

Larmolement, images de petits nuages, vision floue, perte du relief.

Peut amener à une perte de vue totale obligeant à s'arrêter.



### ➤ Conduite à tenir

Sérum physiologique.

Réchauffement passif par des compresses tièdes (sachets infusés par exemple).

Masque ou bandeau ou lunettes esquimaux.

Pommade ophtalmique cicatrisante à la vitamine A 3 fois/jour.

Evolution favorable en 24 à 72 heures.

Avis spécialisé en cas de persistance de la symptomatologie.

### ➤ Prévention

En altitude et dans le vent, par exemple dans les zones polaires, mettre un masque type « masque de ski ».

## 5.4.3 Ophtalmie des neiges (ou de soleil)

Pathologie liée aux UV, notamment aux UVB stoppés par la cornée.

### ➤ Symptomatologie

- Brûlure de la cornée très douloureuse.
- Impression de verre pilé dans les yeux.
- Souvent bilatérale.
- Apparition retardée, en fin de journée.
- Guérison en 24 à 48 heures.

### ➤ Conduite à tenir

- Rinçage avec du sérum physiologique.
- Compresses tièdes sur les yeux (par exemple sachets de thé infusés et tiédés).
- Fabriquer des lunettes d'esquimaux en carton ou mettre un bandeau.
- Pommade ophtalmique à la vitamine A (cicatrisante) sur la cornée, 3 fois/jour.  
Pour l'appliquer il peut être nécessaire d'anesthésier l'œil avec 1 goutte d'Oxybuprocaine dont l'utilisation doit être très ponctuelle (peut entraîner des ulcères de cornée). L'Oxybuprocaine ne doit en aucun cas être utilisé comme antalgique.
- Aspirine ou TRAMADOL® en cas de douleur importante.



### ➤ Prévention

Porter des lunettes de classe 4 capables de filtrer les UVA et B avec protections latérales, miroitées et réfléchissantes.



## 5.5 Autres contraintes environnementales

### 5.5.1 Hydratation et alimentation

Penser aux « quatre H » : Hypoxie, Hypothermie, Hypo hydratation, Hypoglycémie.

L'effort en altitude fait perdre, par la transpiration et la ventilation, plusieurs litres de liquide par jour.

L'apport hydrique doit donc être particulièrement important même en cas d'œdème.

Ne pas hésiter à augmenter l'apport calorique en particulier glucidique lent (boisson énergétique et barre de céréales) plutôt que des confiseries et sucreries qui peuvent entraîner de l'hypoglycémie.

### 5.5.2 Le paludisme et autres maladies infectieuses

Le vecteur du paludisme est présent en altitude, mais on estime sur la base des connaissances actuelles qu'il n'y a pas de transmission du parasite au-dessus de 1800 mètres (les cas signalés surviendraient chez des personnes qui se seraient infectés lors de séjours en plaine).

Une précaution importante dans la majorité des pays tropicaux est la prophylaxie du paludisme. Elle doit être adaptée à la destination et prolongée après avoir quitté la zone à risque.

Etant donné la grande fréquence du paludisme, toute fièvre doit être soupçonnée d'être un paludisme.

Se renseigner avant le départ sur les vaccinations nécessaires.

## 6. MOYENS DE PRÉVENTION

Devant l'ampleur et la gravité de tels risques professionnels, il y a lieu d'étudier et de mettre en œuvre un certain nombre de mesures préventives associant :

- Un protocole de surveillance médicale destiné à prévenir avec efficacité toute manifestation pathologique grave liée à l'altitude.
- Un ensemble de mesures techniques sur les lieux de travail.

Ces mesures porteront sur :

- l'organisation de la visite médicale préalable,
- l'aménagement des moyens d'accès et d'hébergement sur les lieux du travail,
- l'information de tous les participants à la mission et la formation de secouristes,
- l'établissement d'un plan d'évacuation d'urgence,
- l'équipement des sites en matériel d'oxygénothérapie et/ou caisson de recompression,
- la trousse de secours pour les soins d'urgence.

## 6.1 MESURES DE PRÉVENTIONS TECHNIQUES

### 6.1.1 Moyens d'accès et hébergement

Le MAM survient d'autant plus vite chez les personnes sensibles, qu'elles sont montées rapidement (hélicoptère, avion, téléphérique, voiture, ...). Il est donc intéressant d'étudier pour chaque site, des modalités d'accès par palier de 500 mètres d'altitude par 24 heures au-delà de 3 500 mètres, en imposant dans la mesure du possible le respect de ces étapes successives.

En ce qui concerne l'hébergement, une mesure de prévention idéale consisterait à passer la nuit à une altitude inférieure à celle du séjour de façon à ce que la durée de l'exposition, à plus de 3 500 m, n'excède pas 8 à 10 heures par 24 heures.

### 6.1.2 L'information

Elle devra s'adresser à tous les participants aux expéditions.

Elle pourra être dispensée dans le cadre de stages de formation spécialisée, complétée et entretenue par la mise à disposition d'ouvrages spécialisés (cf. Annexe 8.6).

Cette information sera remise à jour et personnalisée au cours des différentes consultations médicales.

Elle portera sur :

- les données physiopathologiques,
- les signes du Mal des Montagnes,
- les contre-indications absolues et relatives aux séjours en altitude,
- les conseils d'Hygiène générale à respecter en montagne (hydratation abondante, régime alimentaire adéquat, éviction de toxiques, hygiène du sommeil, etc ...),
- une attention particulière doit être apportée aux soins et à l'hygiène des pieds,
- la conduite à tenir en cas de malaise : soins, alerte et évacuation.

Une formation plus technique et plus élaborée pourra s'adresser à des Sauveteurs Secouristes du Travail initiés aux techniques de sauvetage et de réanimation. Cette formation portera en particulier sur l'analyse des symptômes caractéristiques des affections susceptibles d'être rencontrées et sur la conduite à tenir en cas d'urgence.

### 6.1.3 L'établissement d'un plan d'évacuation d'urgence

Il sera propre à chaque site et sera établi par le responsable de l'installation en fonction des moyens locaux.

Il sera affiché en bonne place dans la station ; il mentionnera :

- le nom des sauveteurs secouristes du travail,
- les procédures d'alerte des services spécialisés (numéros de téléphone, radio),
- la définition et l'utilisation des moyens d'évacuation (ambulance, hélicoptère, avion),
- les structures d'accueil et de soins les plus proches (services hospitaliers et de réanimation correctement équipés).

### 6.1.4 L'équipement de chaque site en matériel de soins

Pour les observatoires d'altitude, il est indispensable qu'une salle de repos soit aménagée et équipée de moyens d'intervention d'urgence :

- a) Un système d'oxygénothérapie sous forme d'oxygène comprimé à 200 bars donnant 1200 l d'oxygène,
- b) Un caisson de recompression (sarcophage) qui permet de créer une altitude équivalente plus basse en pompant de l'air extérieur (voir annexe 8.3 Utilisation du caisson).

c) DIAMOX® (voir annexe 8.2.1 L'acétazolamide (DIAMOX®))

d) Petit matériel de soins et de pansements (liste non exhaustive)

- thermomètre incassable,
- compresses stériles, bandes blanches Hypafix 10cm de large, pansements stériles hypo-allergéniques, micropore,
- sutures adhésives : Steristrip,
- bandes de contention, bandes adhésives,
- ciseaux à bout rond, petite pince à épiler, épingles de sûreté,
- seringues et aiguilles à usage unique,
- antiseptique : Bétadine jaune et rouge,
- pour les brûlures : Biafine pommade, Flammazine,
- pansement antiseptique (Bétadine tulle\*),
- pansement Jelonet,
- bande Cohéban ou sans latex Cohe-plus 5 cm de large : contention de pansement, immobilisation d'entorses...

e) Liste indicative des médicaments d'urgence :

- Voir annexe 8.2 Trousse de secours.
- La composition devra tenir compte du degré de formation et d'information des utilisateurs éventuels.
- La prescription éventuelle de médicaments complémentaires pourra se faire, en fonction de chaque cas particulier, dans le cadre de la consultation de Médecine Spécialisée.
- Il est évident que la prescription et les conseils d'utilisation forcément prévisionnels de telles médications relèvent de l'appréciation et de la responsabilité professionnelle du seul médecin.

f) Cosmétique et produit d'hygiène.

- écran total pour protection solaire, chapeau de soleil,
- deux paires de lunettes de soleil classe 3 et 4 (surtout si vous portez des verres correcteurs),
- traitement des coups de soleil (Biafine\* ou Dexeryl, Sensibiofort crème),
- préservatifs.

g) Selon le type de voyage (destination, durée, condition), compléter la trousse après avis médical par :

- des médicaments pour la prévention (et éventuellement le traitement) du paludisme si séjour en zone de transmission palustre,
- pour les longs voyages en avion : bas ou chaussettes de contention (type 2 au moins) voire antithrombotique selon les antécédents,
- des sels de réhydratation orale (type OMS ; peut être faite soi-même : 6 cuillères à café rases de sucre + ½ cuillère à café de sel dans un litre d'eau potable).

## 6.2 Visite de départ

La visite médicale a pour but :

- de rechercher des contre-indications médicales absolues ou relatives au travail en altitude,
- d'informer individuellement les personnes sur les risques encourus et les moyens de les prévenir,
- de s'assurer qu'un certain nombre de mesures techniques sont effectivement prévues sur les lieux de travail.

Cette surveillance entre dans les attributions du Médecin de Prévention ou du Médecin du Travail du laboratoire concerné.

**Elle s'adresse à toute personne appelée à effectuer un séjour de plus de six heures à une altitude supérieure à 2 500 m.**

Au cours de l'examen d'embauche (ou de l'examen initial) et des visites médicales ultérieures, systématiques ou occasionnelles, le médecin cherchera à dépister plus particulièrement certaines affections qui décompensent plus facilement en altitude et peuvent contre-indiquer ce type de séjour prolongé.

### 6.2.1 Examen médical avant départ

Il associera à l'interrogatoire et à l'examen clinique approfondi, un minimum d'examens complémentaires :

#### ➤ A l'interrogatoire et l'examen clinique, rechercher notamment

- **Un ATCD de séjour en altitude : y-a-t-il eu des troubles, un MAM ?**
- Un ATCD de colique néphrétique : il y a contre-indication au DIAMOX.
- Un ATCD cardio-vasculaire.
- Un ATCD pulmonaire (asthme d'effort ou au froid, emphysème...).
- Un syndrome de Raynaud.
- Un tabagisme.
- La prise de médicaments psychotropes.
- Un ATCD d'intolérance au LARIAM : majoration des effets secondaires neuro-psychiatriques.
- Un terrain allergique.
- Des ATCD de migraine.
- Obésité.
- Anxiété...
- ...

#### ➤ Les examens complémentaires (liste non exhaustive)

- Examens biologiques : NFS + plaquettes, glycémie, Exploration d'une Anomalie Lipidique (EAL), créatininémie, urée sanguine, uricémie, transaminases, gammaGT, et si demande médicale officielle exigée : sérologie VIH, HBV, HCV, TPHA-VDRL...

L'altitude augmentant les besoins en fer par stress hypoxique, le dosage de la ferritine est également nécessaire pour évaluer le stockage du fer.

En effet l'hypoxie d'altitude :

- Augmente la synthèse de l'hémoglobine donc les besoins en fer (d'où baisse des réserves en fer en altitude).
- Augmente la synthèse en myoglobine donc également les besoins en fer.

Le dosage de la ferritine nécessite toujours en parallèle la prescription du dosage de la CRP : si la CRP est élevée, la ferritine (protéine de l'inflammation) l'est également rendant une fausse interprétation des résultats. Si la CRP est normale, le taux mesuré de ferritine est bon.

- Un ECG de repos.

- Un ECG d'effort si facteurs de risque cardiovasculaire en fonction de l'âge et si tabagisme.

- Selon la destination : bilan ophtalmologique, dentaire, gynécologique, radiographie pulmonaire...
- Une HVR (une épreuve ventilatoire à l'hypoxie) qui peut être pratiquée dans certains Centres Spécialisés (Voir annexe [Les adresses utiles](#)).

Ce test en altitude simulée est destiné à mettre en évidence l'hypersensibilité individuelle à l'hypoxie susceptible de déclencher un MAM. Cette hypersensibilité **ne constitue pas obligatoirement une contre-indication absolue** ; l'objectif de ce test est d'évaluer la sensibilité des chémorécepteurs à l'hypoxie.

La décision du médecin sera modulée par les conditions de séjour : altitude, durée de la montée et du séjour, présence ou non d'un accompagnement médical et proximité ou non d'infrastructure sanitaire accessible.

Il est rare d'avoir à poser une contre-indication formelle à un séjour en haute altitude : cela se fera lorsque les conditions minimales suivantes sont réunies :

- Antécédents de MAM sévère, OPHA, OCHA malgré une progression en altitude raisonnable.
- Forte désaturation à l'exercice avec faibles réponses (cardiaques et ventilatoires).

Dans les autres cas intermédiaires, il s'agira de discuter le profil de progression, le modifier si possible pour allonger la période d'acclimatation.

Ce test peut être complété ou remplacé, selon les cas, par un séjour, supérieur à 12 h, à plus de 3 500 m d'altitude (nuit au sommet de l'aiguille du Midi par exemple).



*HVR - Photo issue d'une présentation du Pr Jean-Paul RICHALET*

### 6.2.2 Contre-indications absolues (liste non exhaustive)

- Maladie coronarienne non équilibrée.
- Hypertension artérielle sévère, non contrôlée.
- Insuffisance cardiaque, troubles du rythme graves.
- Cardiopathies cyanogènes.
- Hypertension artérielle pulmonaire, quelle que soit l'origine.
- Absence congénitale ou acquise d'une artère pulmonaire.
- Insuffisance respiratoire chronique.
- Antécédents ischémiques cérébraux.
- Artériopathie des membres inférieurs.
- Troubles de la coagulation sévères.
- Drépanocytose homozygote, anémies sévères.
- Insuffisance rénale.
- Antécédents psychiatriques majeurs.
- Atteintes antérieures répétées d'OPHA ou d'OCHA.
- Décollement de rétine récent.

En cas de besoin, un avis spécialisé peut être nécessaire.

### 6.2.3 Contre-indications relatives (liste non exhaustive)

- Maladie coronarienne contrôlée, antécédents d'infarctus, d'angioplastie ou de pontage avec un ECG d'effort négatif de moins de 6 mois.
- Hypertension artérielle ou artériosclérose contrôlée, modérée.
- Emphysème, bronchite chronique modérée.
- Scolioses graves.



- Asthme d'effort ou au froid.
- Antécédents de troubles respiratoires nocturnes.
- Epilepsie, migraine vraie (surtout avec aura).
- Antécédents psychiatriques mineurs, prise de psychotropes.
- Grossesse (surtout le troisième trimestre).
- Diabète, obésité majeure.
- Insuffisance hépatique.
- Drépanocytose hétérozygote, Thalassémie, anémies modérées.
- Antécédent isolé de phlébite.
- Prise d'œstroprogestatifs fortement dosés.
- Antécédent isolé d'OPHA ou d'OCHA.

Vigilance accrue vis-à-vis du tabagisme.

## 7. CAS PARTICULIER DE LA VILLE DE LA PAZ, BOLIVIE

### ➤ L'arrivée

- L'aéroport se situe sur l'altiplano, à 4200 mètres d'altitude. L'arrivée s'y fait souvent sans acclimatation préalable (montée progressive en altitude).
- Le vol depuis la France est long et le voyageur (missionnaire) arrivé déjà fatigué. Il est ensuite, à la descente de l'avion, brutalement soumis à une hypoxie importante, la saturation du sang en oxygène chute immédiatement (voisine de 86 %), le cœur bat vite et la respiration plus difficile :  
Il est nécessaire de prévoir une journée pour se reposer avant de travailler.

La première nuit est souvent un peu difficile : insomnie, mal de tête.

### ➤ La vie quotidienne

- L'altitude de l'hôtel ou d'un logement à la Paz est un élément à prendre en considération : on dort beaucoup mieux à 3300 mètres qu'à 3600 mètres. A partir de 3000 mètres d'altitude, chaque 100 mètres compte.
- La ville de la Paz s'étale entre 4200 mètres et 3300 mètres d'altitude soit un dénivelé de 900 mètres que l'on peut être amené à faire plusieurs fois par jour.

Cela expose à l'hypoxie chronique intermittente, demandant sans cesse une réadaptation ventilatoire.

- D'une manière générale, la vie à la Paz est ressentie comme éprouvante, fatigante, même par les sujets jeunes (respiration plus rapide, rythme cardiaque accéléré). Les « après soirées » sont souvent difficiles. Éviter les boissons alcoolisées et trop de tabac.

Une longue durée d'expatriation peut éventuellement exposer à la maladie chronique d'altitude ou maladie de Monge.

Cette pathologie nécessite une prise en charge spécifique.

## **8. ANNEXES**

**8.1 Certificat médical d'aptitude et fiche de retour mission**

**8.2 Trousse secours**

**8.3 Utilisation du caisson**

**8.4 Altitude des principaux télescopes dans le monde**

**8.5 Les adresses utiles**

**8.6 La bibliographie**

**8.7 Vrai-faux**

**8.8 Vous allez partir en mission**

## 8.1 Certificat médical d'aptitude et fiche de retour mission



**Muséum  
national  
d'Histoire  
naturelle**

### MÉDECINE DE PRÉVENTION

Dr

Tél.

Télécopie.

Adresse-Mail :

---

### CERTIFICAT

Je, soussigné, Docteur  
certifie avoir examiné le  
et pris connaissance des résultats des examens complémentaires de

M .....

né (e) le : .....

et n'avoir constaté à ce jour aucune contre-indication à effectuer sa mission à plus  
de 2500 m d'altitude.

Fait à

Docteur

Médecin de Prévention

## Fiche à retourner à votre médecin de prévention après mission/affectation

Nom – prénom :

.....

Lieu de mission :

.....

Altitude :

.....

Progression en altitude (avion, marche ..., paliers) :

.....

.....

### ➤ Score d'auto évaluation de mal Aigu des Montagnes (MAM)

Signes	Points
Céphalées (maux de tête)	1
Nausées ou anorexie (perte d'appétit)	1
Vertiges	1
Céphalées ne cédant pas à un antalgique	2
Vomissements	2
Essoufflement au repos	3
Fatigue anormale ou importante	3
Baisse de la diurèse (du volume des urines)	3

### ➤ Conduite à tenir

Score	Intensité du MAM	Conduite à tenir
1 à 3	Léger	Aspirine ou paracétamol
4 à 6	Modéré	Aspirine ou paracétamol Repos et <b>stopper la progression en altitude</b>
> 6	Sévère	Descente et/ou caisson)

### ➤ Retenir

Tout malaise ou symptôme doit être rapporté à l'altitude.

Des boissons abondantes facilitent l'acclimatation (boire suffisamment pour que les urines soient claires).  
Ne pas monter trop vite trop haut (en moyenne 400 m entre 2 nuits consécutives au-dessus de 3500 m en début de séjour).

Autres commentaires ou symptomatologie ressentie (digestive, troubles du sommeil...).

## 8.2 Trousse de secours

Cette trousse de secours comprend en premier lieu les médicaments spécifiques aux pathologies d'altitude puis les autres médicaments.

Ces traitements ne peuvent être prescrits que par un médecin du fait des contre-indications et des effets secondaires. Dans la pratique, les experts admettent que ces traitements soient appliqués à distance par un soignant non médecin bien averti ou à distance par un médecin (télémédecine).

### 8.2.1 L'acétazolamide (DIAMOX®)

#### ➤ Mode d'action

Inhibiteur de l'anhydrase carbonique, il va diminuer l'alcalose.

#### ➤ Indications

- A titre préventif :

En particulier si une montée progressive n'est pas possible (ex : arrivée à La Paz en avion).  
ATCDS de MAM malgré le respect des bonnes pratiques et une bonne acclimatation.

- A titre curatif :

MAM sévère en complément des autres traitements (repos, descente, caisson et/ou O2).  
Hémorragies rétiennes de haute altitude.

#### ➤ Posologie

- A titre préventif : 125 mg le matin et 125 mg à midi.

Il est préférable de ne pas en prendre le soir à cause de l'effet diurétique.  
Ne pas oublier de bien s'hydrater.

Diviser les doses par deux pour les personnes de moins de 60 kg ou si les effets secondaires sont mal supportés.  
Commencer la veille de la montée en altitude et poursuivre jusqu'à l'altitude maximale.  
Dans le cas d'une arrivée à La Paz, prolonger le traitement par acétazolamide 4 à 5 jours (camp de base ou à La Paz).

#### ➤ Effets indésirables

Effets secondaires fréquents :

- diurèse augmentée,
- dysesthésies et paresthésies des extrémités.

**Conseils** : prendre des pastilles de potassium pour prévenir de l'hypokaliémie (KALEORID : 2 comprimés par jour le temps du traitement) ou manger des aliments riches en potassium (banane, chocolat).

#### ➤ Contre-indications

Il est contre indiqué en cas :

- d'allergie aux sulfamides,
- de coliques néphrétiques récidivantes,
- de grossesse,

- de risque de décollement de rétine.

### 8.2.2 Adalate

#### ➤ Indications

Œdème pulmonaire de haute altitude.

#### ➤ Posologie

20mg sublingual suivi de 20mg LP toutes les 4 heures.

### 8.2.3 Le sildénafil (REVATIO®) – En alternative à l'Adalate

C'est un médicament récent conçu pour les troubles de l'érection et le traitement de l'impuissance. Son action bénéfique sur l'œdème pulmonaire vient d'être validée.

#### ➤ Mode d'action

Il intervient sur l'hypertension artérielle pulmonaire connue pour être en partie responsable de l'œdème pulmonaire de haute altitude.

#### ➤ Indications

Œdème pulmonaire de haute altitude : 40 mg toutes les 8 heures.

#### ➤ Contre-indications

L'état cardio-vasculaire du patient doit être connu et évalué avant toute prescription.

Ne doit pas être associé aux dérivés nitrés (Potentialisation des effets hypotenseurs).

Perte de la vision d'un œil par NOIAN (neuropathie optique ischémique antérieure non artéritique).

### 8.2.4 La bétaméthasone (CELESTENE®)

#### ➤ Mode d'action

Action anti inflammatoire des corticoïdes.

#### ➤ Indications

Œdème pulmonaire de haute altitude.

Œdème cérébral de haute altitude.

MAM récalcitrants.

#### ➤ Posologie

8 mg injectable d'emblée (intra-veineuse ou intra-musculaire), à renouveler toutes les 6 heures jusqu'à amendement des signes.

#### ➤ Contre-indications

Celles des corticoïdes.

### 8.2.5 Anti-agrégant plaquettaire et anti-coagulant

- Aspirine 250 mg/j - Indication : gelures, syndrome de Raynaud, crampes et courbatures, troubles neurologiques de haute altitude.
- Enoxaparine (Lovenox), 1 injection sous cutanée de 0,4ml/jour - Indication : marche impossible en cas de gelure.

### 8.2.6 Médicaments pour pathologie oculaire

- Oxybuprocaine collyre (anesthésiant)
- Pommade ophtalmique à la vitamine A

### 8.2.7 Autres médicaments - prescription à voir avec le médecin traitant

1) Cette liste est **indicative et nécessite un avis médical préalable**. Elle doit être **adaptée** aux conditions et à la durée de votre voyage, ainsi qu'à votre âge et à votre état de santé.

2) Les noms des produits chimiques et les noms de médicaments sont donnés à titre indicatif.

3) Certains des produits et médicaments indiqués font l'objet de **contre-indications**. En conséquence demandez l'avis d'un médecin ou d'un pharmacien avant de les utiliser ou lisez attentivement la notice d'utilisation si vous ne pouvez matériellement joindre un médecin ou un pharmacien.

4) Les noms marqués d'un ®, correspondent à des noms de spécialités pharmaceutiques qui peuvent avoir des appellations différentes dans d'autres pays que la France.

5) Vérifiez que vous **disposez de vos traitements habituels en quantité suffisante** pour toute la durée de votre séjour (pilule contraceptive, insuline, ...), voire un peu plus en cas de retour différé.

- Trinitrine, NATISPRAY® 0,30mg si hyper-tension artérielle (HTA), angor ou œdème du poumon : 1 pulvérisation à renouveler 1 ou 2 fois, 2 ou 3mn après.
- Anti-sécrétoire : Ranitidine, AZANTAC® 300mg ; 1cp le soir, OMEPRAZOLE® 20mg.
- Pansement digestif Diosmectite : SMECTA® ou anti-acide type phosphate d'aluminium, PHOSPHALUGEL® (3 sachets par jour).
- Antalgique et antipyrétique : Paracétamol cp 500mg ; 1 à 2cp 2 à 3 fois/jour maximum.
- Antalgique majeur : Paracétamol codéiné, TEMGESIC®, ACUPAN® Nefopam.
- Anti-inflammatoire : IBUPROFENE® 400MG.
- Anti-diarrhéique Lopéramide (IMODIUM®) à ne prendre que sur avis médical en cas d'insuffisance d'effet du Racécadotril ; Racécadotril, TIORFAN® 1 gélule ou comprimé quand se déclare la diarrhée puis 1 gélule ou comprimé 3 fois par jour.
- Antispasmodique (Phloroglucinol, SPASFON LYOC®) : 1 à 2cp sous la langue 2 fois par jour.
- Antibiotique à large spectre amoxicilline + acide clavulanique AUGMENTIN® cp 500mg : 1 boîte grand modèle 2g par jour ou ERYTHROMYCINE® 500mg ; 2 à 3g par jour.
- Antibiotique urinaire : Ofloxacine, OFLOCET® cp 200mg ; 1cp 2 fois par jour pendant 3 jours, (ou Sulfaméthoxazole-triméthoprim BACTRIM® fort 2cp par jour pendant 5 jours), MONURIL® ou URIDOZ® ; 1 sachet de 3g en une prise.
- Antibiotique digestif : Ofloxacine 200 mg 2 fois par jour pendant 5 jours ou Ciprofloxacine 500 mg X2 ou Azithromycine, ZITHROMAX® monodose 250 mg (4 cp en une prise) ou ZITHROMAX® 500 mg (2 cp en une seule prise par jour pendant 3 jours).



- Gouttes auriculaires : OTIPAX®, phenazone-lidocaïne ; 6 fois par jour.
- Antimycosique : Econazole, PEVARYL® Spray Solution (matin et soir pendant 20 jours) ou MYCOSTER® 1% pommade (pendant 20 jours, 2 applications par jour).
- Antihistaminique : Desloratadine (AÉRIUS®) ou Cétirizine (Zyrtec®).
- Corticoïdes + antihistaminique (beta méthasone par exemple CELESTAMINE®) cp ; 3 à 4cp/jour pendant 3 jours.
- Collyre antiseptique par ex céthexonium (BIOCIDAN®) : BIOCIDAN® unidose ; 6 fois par jour.
- Collyre antibiotique : Rifamycine ou QUINOFREE® ; matin et soir pendant 6 jours, 1 à 2 gouttes 3 à 4 fois par jour ; TOBREX® pommade, 2 à 3 applications par jour, pendant 5 à 15 jours.
- Collyre anti-allergique : LEVOFREE® Cromoglycate de sodium par ex OPTICRON® ou CROMEDIL® collyre unidose ; 1 goutte 2 à 6 fois par jour.
- Pommade ophtalmique à la vitamine A (cicatrisant) : Vitamine A FAURE, 2 à 3 applications par jour.
- Anti-allergique puissant en cas de choc anaphylactique : adrénaline injectable ANAPEN® 0,3mg (à conserver à 25° C max), ou JEXT® 300mg 2 seringues (à conserver à 25° C max), EPIPEN® 0,3mg.



Règles d'utilisation très strictes.

## 8.3 Utilisation du caisson

Source : document Ifremmont

### ➤ Indications

- Mal aigu des montagnes sévères (MAM stade 3, éventuellement dès le stade 2)
- Œdème pulmonaire de haute Altitude (OPHA)
- Œdème cérébral de haute altitude (OCHA)

### ➤ Mode d'utilisation du caisson

#### Étape 1

Allonger l'alpiniste malade à l'intérieur du caisson ouvert sur un matelas en mousse en lui expliquant ce qui va suivre pour le rassurer.

Surélever sa tête avec des vêtements ou un coussin.

Placer un saturomètre aussi appelé oxymètre de pouls (si disponible) à son doigt.

Mettre à sa disposition un urinal ou une bouteille pour uriner.

Pour qu'il ne souffre pas des oreilles, lui donner un bonbon à sucer ou un chewing-gum à mâcher.



#### Étape 2

Fermer la fermeture éclair et attacher les sangles.

Arrimer le caisson s'il est dans une pente glissante.

Placer la tête du caisson vers le haut si le terrain est pentu.



#### Étape 3

Brancher la pompe manuelle sur l'un des robinets en prenant soin de fermer l'autre robinet (évacuation).

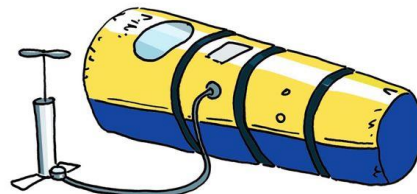
Gonfler le caisson progressivement jusqu'à son maximum (manomètre calé à 220 mbar) en prenant soin de laisser au malade le temps de déglutir pour équilibrer la pression dans ses oreilles.

Une fois la pression de 220 mbar atteinte, 5 coups de pompe doivent être administrés toutes les minutes pendant toute l'opération afin de renouveler le taux d'oxygène et d'évacuer le gaz carbonique dans le caisson (se faire relayer par d'autres membres de l'expédition).

Le traitement doit durer au moins une heure, deux heures en cas

d'atteinte sérieuse. Si l'état du malade ne s'améliore pas, il peut être renouvelé autant de fois que nécessaire en attendant l'évacuation.

Le dégonflage doit s'étaler sur quelques minutes, par paliers, pour respecter la décompression des oreilles du malade.



## 8.4 Altitude des principaux télescopes dans le monde

### ➤ Altitudes supérieures à 2500 mètres

Mauna Kea (Hawai, USA) .....	4200 m
Mauna Laua (Hawai, USA) .....	4100 m
Jungfrauoch (Suisse) .....	3573 m
Sacramento Peak (Colorado, USA) .....	3550 m
Mont Graham (USA) .....	3250 m
Gornergrat (Suisse) .....	3120 m
Pic du Midi (France) .....	2862 m
RT IRAM Pico Veleta (Espagne) .....	2850 m
Mont Norikura (Japon) .....	2876 m
Mont Paranal (Chili) .....	2635 m
RT IRAM Bure (France) .....	2550 m
Mont Cerro Tololo (Chili) .....	2500 m

### ➤ Altitudes inférieures à 2500 mètres

La Silla (Chili) .....	2450 m
Themis (Tenerife) .....	2400 m
La Palma (Canaries) .....	2326 m
Lowell Observatory (Arizona, USA) .....	2210 m
Calar Alto (Espagne) .....	2160 m
Kitt Peak (Arizona, USA) .....	2100 m
Poukovo (Russie) .....	2100 m
Zelentchuk (Russie) .....	2070 m
Mac Donald (USA) .....	2070 m
Arosa Tschuggen (Suisse) .....	2050 m
RT NRAO (USA) .....	1940 m
Mont Wilson (Californie, USA) .....	1742 m
Mont Palomar (Californie, USA) .....	1706 m
Boulder (Colorado, USA) .....	1647 m
Lick-Mont Hamilton (Californie, USA) .....	1300 m
Siding Springs (Australie) .....	1200 m
Observatoire de Haute Provence (France) .....	580 m

## 8.5 Les adresses utiles

### Département 05

• **Pôle Sport et Santé**  
**Centre médico-sportif**  
**Dr Olivier BRIOT**  
Avenue Jean Moulin  
05105 BRIANÇON  
Tél : 04 92 20 10 33  
[cms@mairie-briancon.fr](mailto:cms@mairie-briancon.fr)

### Département 13

• **Service d'exploration fonctionnelle**  
**CHU de Marseille – Hôpital La Timone**  
**Pr BADIÉ / Dr DELPIERRE**  
264 rue Saint-Pierre  
13005 MARSEILLE  
Tél : 04 91 38 57 84

• **Le Service d'exploration fonctionnelle**  
**CHU de Marseille – Hôpital Nord**  
Chemin des Bourrely  
13015 MARSEILLE  
Tél : 04 91 96 87 79 ou 04 91 96 57 21

### Département 14

• **Médecine du sport – Explorations fonctionnelles**  
**CHU de Caen**  
**Dr Bruno SESBOÛÉ**  
Avenue de la Côte de Nacre  
14033 CAEN CEDEX  
Tél : 02 31 06 45 33  
Fax : 02 31 06 45 35

### Département 31

• **Exploration de fonction respiratoire et médecine du sport**  
**CHU de Toulouse - Hôpital Larrey**  
**Dr D. RIVIERE**  
24, chemin Pouvoirville  
31059 TOULOUSE CEDEX 9  
Tél (EFR) : 05 67 77 16 96  
Tél (médecine du sport) : 05 67 77 16 98

### Département 34

• Département de Physiologie Clinique –  
Exploration respiratoire  
**CHU de Montpellier – Hôpital Arnaud de Villeneuve**  
**Pr M. HAYOC**  
371 avenue du Doyen Gaston GIRAUD  
34295 MONTPELLIER CEDEX  
Tél : 04 67 33 59 08

### Département 38

• **Médecine du Sport – Exploration fonctionnelle cardio respiratoire**  
**CHU de Grenoble - Site Sud**  
**Dr B. TOLLENAERE**  
Avenue de Kimberley  
38130 ECHIROLLES  
Tél : 04 76 76 54 94  
Fax : 04 76 76 89 21

### Département 42

• **Médecine du sport – Explorations fonctionnelles et consultations**  
**CHU de Saint-Etienne – Hôpital de Bellevue**  
**Dr ORIOL**  
25 boulevard Pasteur  
42055 SAINT ETIENNE CEDEX  
Tél : 04 77 12 79 85  
[med.sport1@chu-st-etienne.fr](mailto:med.sport1@chu-st-etienne.fr)

### Département 44

• **Médecine du Sport et de l'effort physique**  
**CHU de Nantes – Hôpital Saint-Jacques**  
**Dr C. DUBOIS**  
85 rue Saint-Jacques  
44000 NANTES  
Tél : 02 40 84 60 60/61  
Fax : 02 40 84 60 62

### Département 63

• **Médecine du sport et explorations fonctionnelles**  
**CHU Clermont-Ferrand – Hôpital Gabriel-Montpied**  
**Pr M. DUCLOS**  
58 rue Montalembert  
63003 CLERMONT FERRAND  
Tél : 04 73 75 16 60  
Fax : 04 73 75 16 61

#### Département 67

- **Physiologie et explorations fonctionnelles – NHC**

**CHRU de Strasbourg – Hôpital civil**

**Pr JENY**

1 place de l'Hôpital  
67000 STRASBOURG  
Tél : 03 69 55 06 36

#### Département 69

- **Exploration fonctionnelle respiratoire**

**CHU de Lyon – Hôpital de la Croix-Rousse**

**Dr Michèle GERMAIN**

103, Grand Rue de la Croix-Rousse  
69137 LYON CEDEX 04  
Tél : 04 72 07 18 62  
[daniele.jouanneau@chu-lyon.fr](mailto:daniele.jouanneau@chu-lyon.fr)

#### Département 73

- **Centre de Médecine du sport de Haut Niveau**

**Centre hospitalier Albertville-Moutiers**

**Dr Marie-Philippe ROUSSEAU BIANCHI**

88, rue de la République  
73200 ALBERTVILLE  
Tél : 04 79 37 85 42  
[secretariat.cmsnh@cham-savoir.fr](mailto:secretariat.cmsnh@cham-savoir.fr)

#### Département 74

- **Médecine de montagne**

**CHI Mont-Blanc – Hôpital de Sallanches**

**Dr Gilles DUPERREX**

380, rue de l'Hôpital  
74703 SALLANCHES CEDEX  
Tél : 04 50 47 30 89

- **Ecole Nationale de Ski et Alpinisme (ENSA) – J-P HERRY**

35, rue du Bouchet  
74401 CHAMONIX MONT-BLANC  
Tél : 04 50 55 30 30

#### Département 75

- **Centre d'Investigation en Médecine du Sport (C.I.M.S.)**

**Hôtel Dieu**

1 parvis Notre-Dame  
75004 PARIS  
Tél : 01 42 34 87 66

- **INSEP, département médical**

**11 avenue du Tremblay**

**Pr RICHALET**

75012 PARIS  
Tél : 01 41 74 42 52 ou 43 52

- **La Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade (F.F.M.E.)**

10 quai de la Marne  
75019 PARIS  
Tél : 01 40 18 75 50

#### Département 93

- **Physiologie – Exploration Fonctionnelle – Médecine du sport**

**Hôpital Avicenne**

Dr François LHUISSIER Consultation de Médecine de Montagne  
125, rue de Stalingrad  
93000 BOBIGNY  
Tél : 01 48 95 56 38  
Fax : 01 48 95 56 32

- **Association pour la Recherche en Physiologie de l'Environnement (A.R.P.E.)**

**UFR de Médecine**

74 rue Marcel Cachin  
93017 BOBIGNY Cedex  
Tél : 01 48 37 77 58  
[contact@arpealtitude.org](mailto:contact@arpealtitude.org)

## 8.6 Bibliographie

- [www.arpealitude.org](http://www.arpealitude.org)
- <http://www.ifremmont.com/>
- **Richalet J-P.**,  
Professeur des universités - Praticien Hospitalier / Université Paris 13
- **PARENT G, VARGAS PACHECO. E.**  
Vivre en altitude
- **BOUISSOU P., PERONNET F., GUEZENNEC Y., RICHalet J-P.**  
Performance et entraînement en altitude  
Vigot-Decarie, Paris, Québec, 1987
- **ETIENNE J.L.**  
Médecine et sports de montagne  
Editions ACLA, Paris, 1983
- **HEATH D., WILLIAMS D.R.**  
Man at high altitude  
Churchill Livingstone, 1981
- **HOUSTON Ch.S.**  
Monter plus haut  
Arnette, Paris, 1982
- **RATEL J.F.**  
Aventure sportive sans médecin  
Amphora, Paris, 1986
- **RICHalet J-P. & coll.**  
Médecine de l'alpinisme  
Masson éd., Paris, 1999
- **RICHalet J-P.**  
L'adaptation à l'altitude  
La Recherche, déc. 1987, N°194
- **RICHalet J-P et RATHAT. C**  
Pathologie et altitude  
Masson ed. Paris 1991

## 8.7 Vrai-Faux

### ➤ Vrai :

- des boissons abondantes facilitent l'adaptation,
- il faut boire suffisamment pour uriner clair,
- il n'y a pas d'acclimatement permanent possible au-dessus de 5500 mètres,
- il faut limiter les efforts physiques pendant les 3 premiers jours,
- une altitude supérieure à 3500 mètres n'est pas recommandée au cours du troisième trimestre de la grossesse. L'altitude est contre-indiquée en cas de grossesse à risques,
- les oestro-progestatifs renforcent le risque de thrombose.

### ➤ Faux :

- si on est très entraîné on n'aura aucun problème d'acclimatation,
- on va en altitude pour s'oxygéner,
- boire peu permet d'éviter l'œdème,
- mal de tête = soleil et/ou alcool,
- l'alcool réchauffe,
- nausées = indigestion ou nourriture inhabituelle,
- insomnie = inconfort.



## 8.8 Vous allez partir en mission

### 8.8.1 Préparer votre départ

#### ➤ Penser à :

- Consulter votre **dentiste** pour partir avec une denture saine.
- Emporter votre **carnet international de vaccination**.
- Vous munir de votre **carte de groupe sanguin**.
- **Vérifier que vous êtes couvert par une assurance rapatriement sanitaire.**
- Penser à prendre votre carte européenne d'assurance maladie ou les formulaires suivants :
  - Feuille de soins reçus à l'étranger par les travailleurs salariés détachés - N° Cerfa : 11790\*01  
- N° d'homologation ministérielle : S3124a ;
  - Soins reçus à l'étranger - déclaration à compléter par l'assuré - N° Cerfa : 12267\*02  
- N° d'homologation ministérielle : S3125a.

Disponibles sur <http://www.ameli.fr/>

- Se renseigner auprès de chaque organisme sur la procédure de prise en charge d'accident de travail.
- **Vous munir d'un moyen de communication** permettant d'appeler les secours en cas de besoin.

#### ➤ Consulter votre Médecin de Prévention de préférence trois mois avant votre départ pour :

- visite médicale à la recherche d'éventuelles contre-indications et facteurs de risques personnels,
- prescription des examens complémentaires nécessaires, (les rendez-vous sont longs à obtenir)
- mise à jour des vaccinations,
- prescription éventuelle de médicaments pour la prévention et le traitement du paludisme, bas de contention et consignes pour les longs voyages en avion.

Si nécessaire prescription d'un traitement préventif du mal aigu des montagnes.

#### ➤ Préparer votre bagage :

- vêtements adaptés aux conditions hygrothermiques,
- protections solaires : lunettes, écran total, collyre type « Biocidan », bâtonnet labial, chapeau de soleil,
- moustiquaire si nécessaire.

#### ➤ Trousse médicale (cf. [chapitre 8.2](#)) :

- traitement médical personnel à voir avec le médecin traitant,
- trousse de secours et médicaments d'altitude : voir chapitre précédent et fiche médicaments utiles.

### 8.8.2 Sur place

➤ **Cinq règles d'or à respecter :**

1. *monter progressivement : 400 mètres de dénivelé/jour au-dessus de 3500 mètres,*
2. *en début de mission monter suffisamment haut pour pouvoir s'acclimater si on doit aller en haute altitude,*
3. *ne pas rester trop haut trop longtemps. A chaque fois que cela est possible, dormir à l'altitude la plus basse possible,*
4. *tout malaise doit être rapporté à l'hypoxie et à la « mal adaptation » à l'altitude,*
5. *éviter les efforts importants pendant les trois premiers jours,*
6. *apprenez le score de MAM de façon à réagir avant que n'apparaisse un accident grave.*

### **8.8.3 Au retour**

**Remettre au service médical la fiche « retour mission » et au moindre problème contacter votre médecin de prévention.**

**Photo de la couverture :** © Bruno JOURDAIN/CNRS Photothèque

Tente de forage au col du Dôme, à 4250 m d'altitude, et sommet du massif du Mont-Blanc, dans les Alpes françaises. L'utilisation d'une tente pour abriter le matériel de forage permet aux glaciologues de travailler même lorsque les conditions extérieures sont difficiles. Ce forage, réalisé en septembre 2012 dans le cadre du programme ESCCARGO (Evolution séculaire de charge et composition de l'aérosol organique au-dessus de l'Europe), avait pour objectif de collecter 120 m de glace jusqu'au sol rocheux. Le but est de reconstruire l'histoire de la pollution atmosphérique au-dessus de l'Europe au cours du dernier siècle, et plus particulièrement d'étudier l'évolution de la matière organique dans l'atmosphère passée.

.....



© **CNRS** - Photo issue du laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement – Vallot 2012

.....



**Muséum  
national  
d'Histoire  
naturelle**