



**THE INTERNATIONAL MOUNTAINEERING AND CLIMBING FEDERATION**  
**UNION INTERNATIONALE DES ASSOCIATIONS D'ALPINISME**

Office: Monbijoustrasse 61 • Postfach  
CH-3000 Berne 23 • SWITZERLAND  
Tel.: +41 (0)31 3701828 • Fax: +41 (0)31 3701838  
e-mail: office@uiaa.ch

---

# **DECLARATION DE CONSENSUS DE LA COMMISSION MEDICALE UIAA**

## **VOL: 15**

### **Travail en conditions hypoxiques**

Destiné aux médecins, Agent de la santé et de la  
sécurité du travail, ainsi qu'au personnel non-médical  
intéressé

Th. Küpper, J.S. Milledge, D. Hillebrandt, J. Kubalova, U. Hefti, B.  
Basnayt, U. Gieseler, R. Pullan, V. Schöffl

**2009**

Mise à jour V2.14, juillet 2012

Traduit par D. Moens, Octobre 2013

## 1. Introduction

Outre l'hypoxie "classique", qui représente un problème presque exclusif pour les alpinistes, et, dans une moindre mesure, pour les voyageurs, l'hypoxie est maintenant également utilisée pour la prévention d'incendie dans les aires de stockage, pour l'entraînement sportif en altitude et dans bien d'autres finalités. Avec comme conséquence que de plus en plus d'employés ou d'autres personnes sont exposées à l'hypoxie. Jusqu'à présent, il n'y a eu aucun consensus portant sur comment fournir un conseil sur la santé et la sécurité au travail. La plupart des règlements ne prennent pas en compte ce genre d'exposition ni les circonstances particulières induites (p.ex. si la personne est capable de s'échapper de l'hypoxie n'importe quand). Les règlements ne définissent pas le type ou le degré des différents risques - éventuels - et donc une analyse plus spécifique des expositions individuelles est nécessaire afin de fournir des conseils adéquats en matière de santé et de sécurité. Etant l'organisation-mère mondiale pour les activités dans un environnement pauvre en oxygène, l'UIAA a une responsabilité spécifique dans la coordination d'un consensus international à ce sujet.

Pour plus de facilité, ce document est structuré comme suit:

- Différenciation entre différents types d'expositions en conditions hypoxiques et les conséquences de chacune d'entre elles.
- Procédures de prévention en soins médicaux en matière de médecine du travail et de sécurité pour les personnes travaillant dans différentes situations hypoxiques.
- Commentaires sur les différenciations et les procédures

Bien qu'il y ait quelques différences physiologiques mineures entre la simulation (isobarique) et l'altitude réelle (hypoxie hypobarique, altitude séjour [1], [2], celle-ci ne sont pas pertinentes pour la sécurité et la santé au travail. Donc, le terme "altitude" inclus, dans ce document, la situation de "l'altitude simulée" (atteinte par hypoxie isobarique) ou de "l'altitude équivalente" (un terme souvent utilisé pour la pression des cabines des avions).

Les installations avec hypoxie isobarique peuvent être quittées immédiatement et il est facilement possible d'évaluer beaucoup mieux les employés travaillant dans de telles installations (hypoxie contrôlée). Dès lors il en résulte un risque significativement plus bas dans de telles installations que durant des séjours en altitude réelle où il n'est pas possible d'échapper à l'hypoxie en un court laps de temps ni d'effectuer une bonne évaluation des conditions de santé des personnes par des personnes neutres (non soumises à l'hypoxie) (hypoxie incontrôlée).

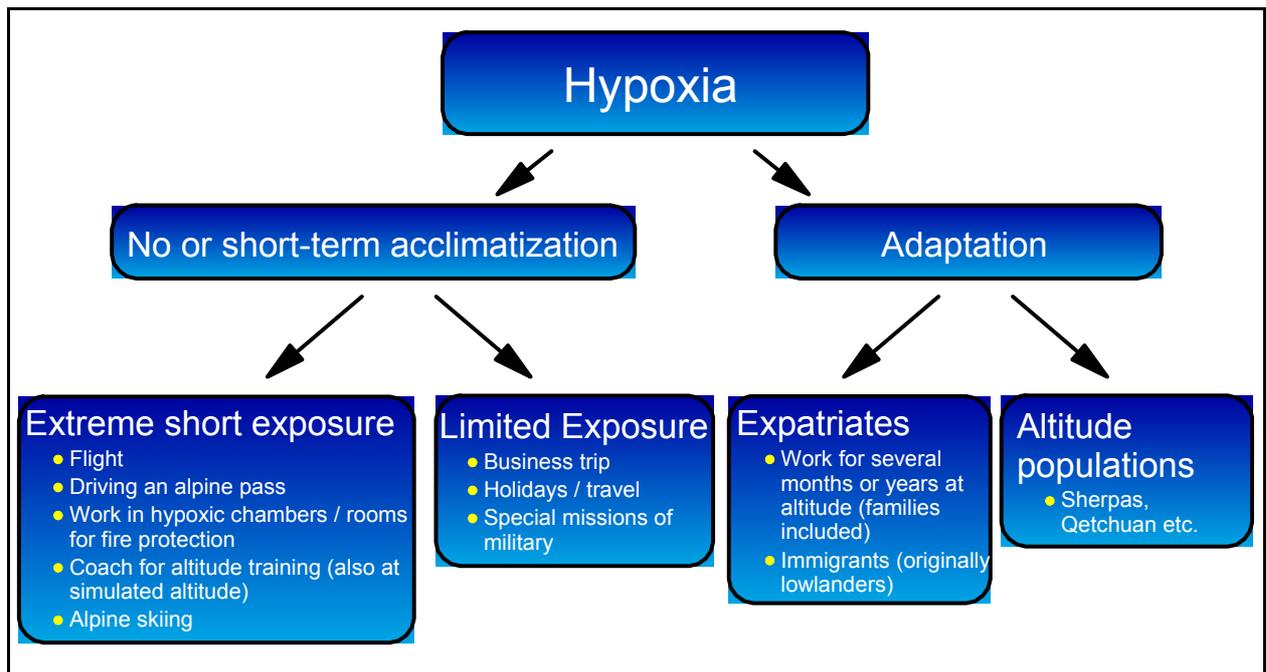
**Note:** ce document met l'accent sur les aspects de la médecine du travail relatif à l'altitude uniquement ! Les autres aspects de la médecine du travail en sont exclus et sont à prendre en considération pour une activité individuelle en altitude. Un exemple de ceci sera donné en annexe 1 pour les personnes avec une charge de travail importante en haute altitude, comme pour le travail dans une organisation de sauvetage alpin (hélicoptère).

## 2. Types d'expositions professionnelles en conditions hypoxiques

En ce qui concerne la discussion présente dans plusieurs pays (Australie, GB, Finlande, Allemagne), il faut souligner que l'hypoxie (légère) n'est normalement pas un risque. Cinq facteurs importants doivent être pris en compte pour la différenciation et le profil du risque d'une exposition à l'hypoxie:

- Altitude ou altitude équivalente (% O<sub>2</sub>), respectivement
- Durée de l'exposition
- Profil de l'altitude / acclimatation (hypoxie intermittente incluse)
- Charge de travail en conditions hypoxiques
- Montagnards (natifs) en opposition avec les habitants des plaines (natifs)

Les risques individuels causés par des conditions préexistantes seront discutées plus tard (voir aussi réf 3). Avec les 5 points majeurs cités ci-dessus, au moins 4 sortes d'expositions même avec un profil de risque complètement différent peuvent être établies. (fig.1).



**Figure 1:** Différents types d'expositions professionnelles en conditions hypoxiques (voir aussi tableau 1)

### 2.1 Exposition extrêmement courte

Les expositions extrêmement courtes ont en général lieu à une altitude comprise entre 1800 m et 2500 m et pour une période allant de quelques minutes à quelques heures.

Avec une hypoxie isobarique d'environ 17.0-14.8% O<sub>2</sub> (+/- 2) dans des pièces équipées avec un système hypoxique pour la prévention d'incendie, on expose des employés à une altitude d'environ 1.77 - 2600 m (basé sur l'atmosphère standard ICAO, fig. 2). Cette altitude est bien dans le niveau des altitudes nommées « altitude seuil », laquelle est définie comme l'altitude où le corps montre les premières réponses à l'hypoxie. Selon le type de système observé, l'altitude seuil varie entre 1500 m (légère augmentation de la fréquence cardiaque au repos) à 2400 m (augmentation de la concentration plasmatique en érythropoïétine) [4], [5]. En conclusion, les altitudes aux alentours du seuil ne causent aucun risque pour la santé des personnes par l'hypoxie. Cela n'engendre pas non plus de risques pour les personnes souffrant de maladies chroniques de niveau modéré [3]. Le cas des personnes sévèrement malades sera discuté plus tard.

Dans certaines circonstances spécifiques, certains employés sont exposés à des altitudes équivalentes entre 2700 m et 3800 m dans des salles pour la protection incendie. Cette situation est limitée dans la durée d'exposition à un maximum de quelques heures, souvent en-dessous de 60 minutes. Comme pour toutes les pièces équipées d'un système hypoxique pour la prévention incendie, ces employés peuvent quitter les lieux immédiatement n'importe quand s'ils ne se sentent pas bien.

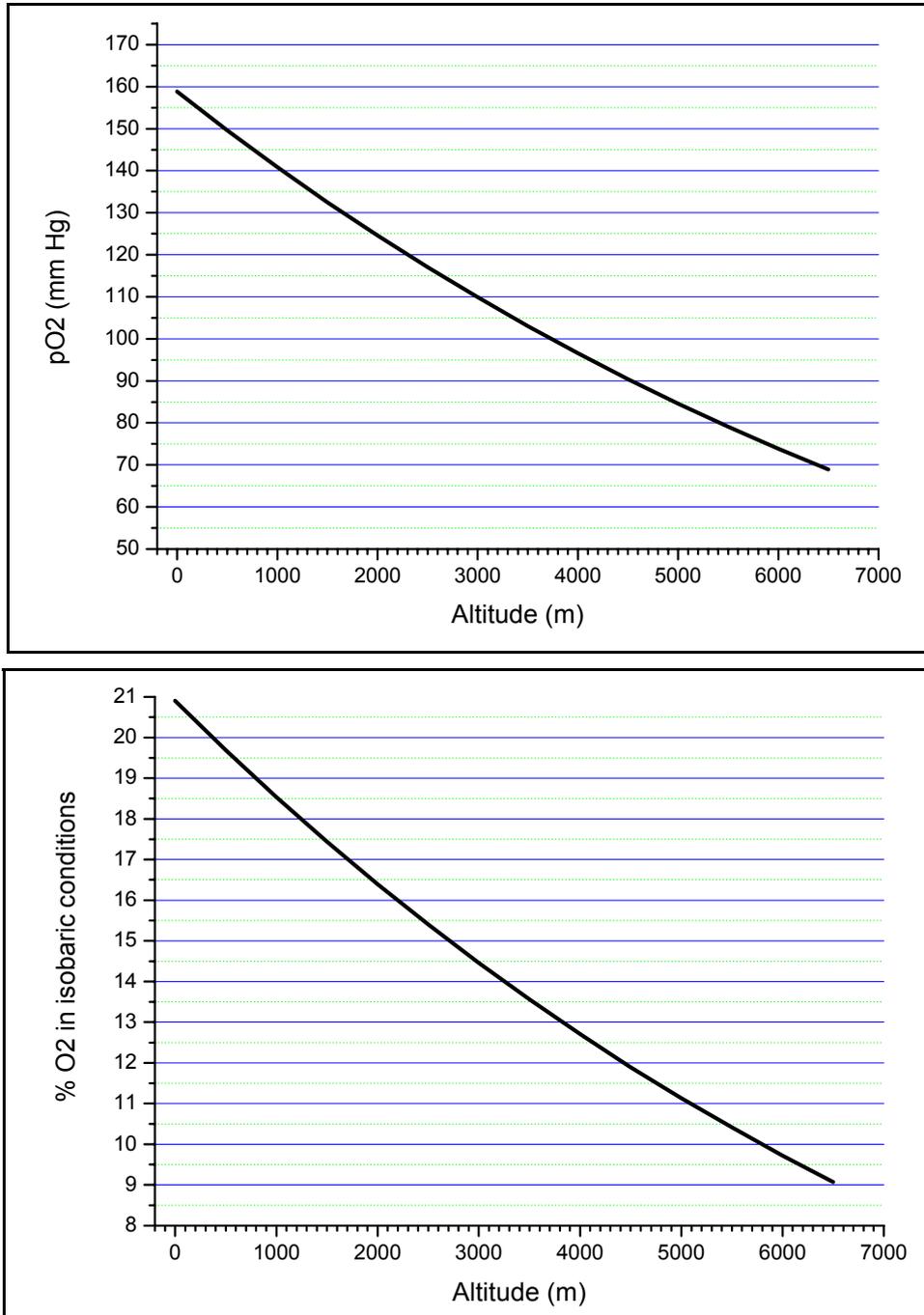
Certaines activités courantes exposent des personnes à des altitudes plus élevées, par ex, le ski à 3800 m (Europe) ou au-dessus de 4000 m (USA), ou le trafic routier (presque 3000 m en Europe, plus de 4000m aux USA et au Tibet), plus de 5000 m (Amérique du Sud). Ici, le principal problème peut être le changement de pression, spécialement pour les enfants ou les personnes souffrant d'une infection des voies respiratoires supérieures.

Groupe	Altitude Typique (équivalente)	Durée d'exposition typique	Risque typique
Exposition extrêmement courte (avions, remontée mécanique, ski, trafic routier, pièces de protection incendie)	1,800 – 2,600m	Minutes ou heures	Changement de pression (personnes avec infection des voies respiratoires supérieures)
	2,600 – 3,800m		Pas de risque d'hypoxie pour les personnes qui n'ont pas de maladie cardio-pulmonaire sévère ou d'anémie sévère Pas de risque pour les personnes en bonne santé
	3,800 – 5,500m		Pas de risque pour les personnes en bonne santé si l'exposition n'excède pas 30 min (Tab.2)
Exposition limitée	2,000 – 3,000m	Jours à semaines	MAM (Mal aigu des montagnes) si les personnes non-acclimatées dorment à cette altitude  A côté du MAM, il n'y a normalement aucun risque pour les personnes qui n'ont pas de maladie cardio-pulmonaire sévère ou de sévère anémie (OPHAest extrêmement rare à cette altitude)
Expatriés	3,000 – 4,500m	années	Hypertension pulmonaire de haute altitude  Insuffisance du ventricule droit  Maladie chronique des montagnes (CMS, "maladie de Monge")  Maladie subaigüe infantile des montagnes(SIMS)
Population d'altitude	>3,000m.	Plusieurs générations	CMS (voir ci-dessus)  Oedème pulmonaire de ré-entrée

**Table 1: Caractéristiques des types d'exposition**

La plus longue exposition de ce type (exposition extrêmement courte) sont les vols longue distance qui peuvent être classés comme "cas d'exposition limitée". Il existe des données où certains opérateurs aériens sont même supérieurs en altitude de cabine par rapport à la limite des 2400 m donnée par l'ICAO, notamment dans les avions modernes [6]. En général, le temps d'exposition ne dépasse pas quelques heures. 5 Milliards de passagers aériens annuels prouvent que ce règlement est sécuritaire. Jusqu'à 3000 m, il n'y a pas de risque de développer quelque maladie d'altitude que ce soit durant cette brève période. [7], [8], [9], [10]. Le principal problème pour ce groupe peut être le changement marqué de pression, spécialement dans le cas de personnes souffrant d'un simple rhume. En général, tout le monde, y compris les femmes enceintes et les enfants, se sentira bien à ces

altitudes. Exception faite pour les personnes souffrant de maladies sévères préexistantes (voir paragraphe spécifique plus bas et tableau 3)



**Figure 2:** pO<sub>2</sub> et %O<sub>2</sub> isobarique en relation avec l'altitude. Graphiques selon atmosphère standard ICAO comme donné en [14] (voir aussi tableau 2). Pour la concentration d'oxygène protection incendie entre 14.8 et 17% est issue dans la plupart des cas [15], [16].

Pour quelques situations spécifiques accessibles grâce aux technologies récentes, on a demandé à la Commission Médicale de l'UIAA certaines recommandations concernant l'exposition de personnes en bonne santé pour une durée limitée aux altitudes correspondantes à plus de 2700 m resp. avec moins de 14.8 % O<sub>2</sub>, avec ou sans charge de travail (sport/ entraînement). Si un tel entraînement devait être fait dans un niveau compris entre 2700 m et 4000 m, les données suggèrent qu'il n'y a pas d'augmentation du risque pour les sportifs. L'estimation subjective d'une charge de travail ou l'épuisement fonctionne bien en hypoxie[17]. L'exposition d'athlètes non acclimatés devrait être limitée à un maximum de 3 heures. Pour toute exposition de personnes non acclimatées au-dessus de 4000 m à des fins d'entraînements, une présence médicale est nécessaire, l'exposition devrait être limitée à 2 heures ou moins selon les conseils du médecin. Une exposition purement passive (sans charge de travail) à un maximum de 5000 m et pour maximum de 2 heures est considérée comme sûre. Pour des raisons de sécurité, le SaO<sub>2</sub> devrait être mesuré.

Les altitudes de plus de 4000m peuvent être intéressantes pour certaines finalités, p. ex la pré-acclimatation. Si le profil d'altitude suit bien les stratégies établies pour l'acclimatation p.ex. [18], il n'y a aucun risque pour la santé des personnes jusqu'à 5000 m. Une exposition plus longue comparée à celle mentionnée ci-dessus pourrait être préférée (p.ex. séjour/ dormir). Pour des raisons de sécurité (en contraste avec les "expositions entraînements" mentionnées ci-dessus, un MAM (mal aigu des montagnes) ne peut pas être complètement exclu ici), un médecin qualifié en médecine d'altitude devra être contactable lorsque l'exposition excède 4000 m. Il devra être présent sur les lieux quand l'exposition dépasse 5500 m.

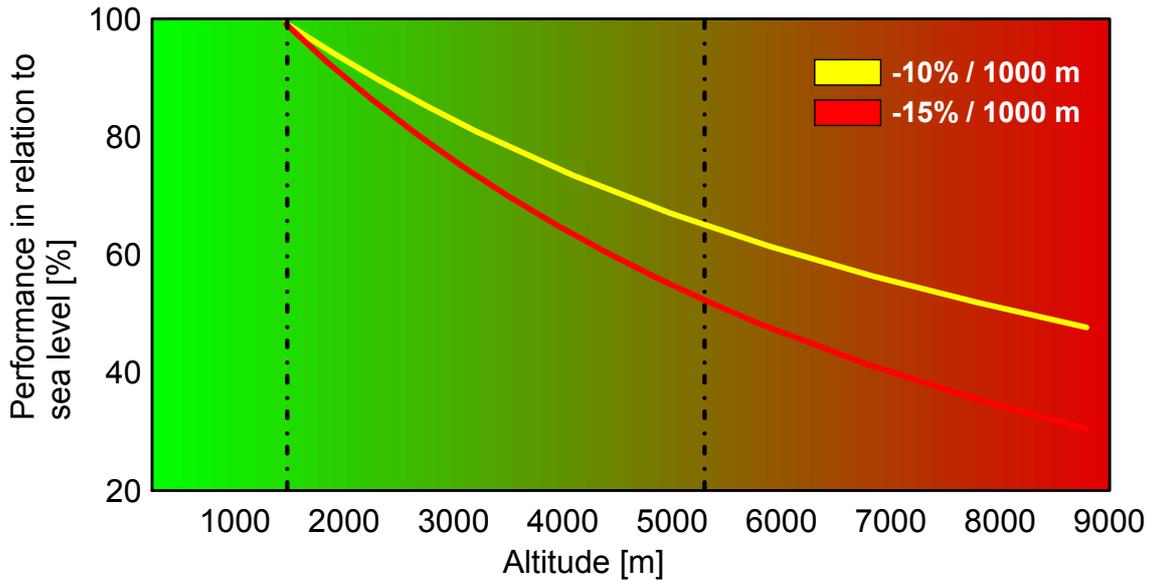
Aussi bien les athlètes qui effectuent un entraînement en hypoxie que ceux qui sont en acclimatation, devront être averti de quitter l'environnement hypoxique s'ils ressentent un quelconque symptôme pour quelque raison que ce soit. Ils pourront entrer à nouveau quand les symptômes auront complètement disparus. S'ils surviennent à nouveau, les personnes devront quitter l'environnement hypoxique et contacter un médecin spécialisé en médecine d'altitude avant toute autre exposition.

A l'intérieur du groupe d'exposition extrêmement courte, il y a un petit sous-groupe de sujets qui sont des cas spéciaux: Les personnes qui coachent d'autres personnes, en général des montagnards qui sont pré-acclimatés pour des expéditions en altitudes extrêmes ou des employés pré-acclimatés pour des travaux en haute altitude. Ceci est utilisé de plus en plus souvent, souvent dans des installations qui offrent une hypoxie isobarique capables d'exposer les participants à une altitude de 5300 m ou plus. Dans la plupart des cas, cette exposition est limitée de quelques minutes à une demi-heure. Avec l'avantage spécifique de l'hypoxie isobarique, ces personnes peuvent facilement le quitter pour des conditions atmosphériques normales à n'importe quel moment si elles se sentent mal. Les personnes avec certaines conditions préexistantes peuvent souffrir de problèmes sévères à cette altitude alors que les personnes en bonne santé devraient tolérer cette exposition : la durée d'exposition est trop courte pour développer un MAM et est aussi inférieure à la période après laquelle les risques neurologiques significatifs peuvent apparaître. En médecine aérospatiale cette période est appelée « temps de conscience utile » (tableau 2). Aucun n'est pertinent pour ce groupe.

Altitude	%O <sub>2</sub> , conditions isobariques	Pression Atmosphérique		pO <sub>2</sub>		Temps de conscience utile
		[m]	[mm Hg]	[hPa]	[mm Hg]	
0	20.9	760.0	1013.2	158.8	211.7	Pas de limitation
500	19.7	716.0	954.6	149.6	199.5	
1000	18.5	673.8	898.3	140.8	187.7	
1500	17.4	634.0	845.3	132.5	176.7	
2000	16.4	596.0	794.6	124.6	166.1	
2500	15.4	560.0	746.6	117.0	156.0	
3000	14.5	525.8	701.0	109.9	146.5	
3500	13.6	493.0	657.3	103.0	137.3	
4000	12.7	462.0	616.0	96.6	128.8	
4500	11.9	432.6	576.8	90.4	120.5	
5000	11.1	404.8	539.7	84.6	112.8	
5500	10.4	378.6	504.8	79.1	105.5	>30 min.
6000	9.7	353.6	471.4	73.9	98.5	
6500	9.1	330.0	440.0	69.0	92.0	
7000	8.5	307.8	410.4	64.3	87.7	3-5 min.
10500	5.0	183.0	244.0	38.2	50.9	ca. 1 min.
12900	3.4	123.5	164.7	25.8	34.4	15-30 sec.

**Table 2:** Conditions atmosphériques (altitude, pression, pO<sub>2</sub> et correspondance % O<sub>2</sub> en hypoxie isobarique) selon l'atmosphère standard de l'ICAO[14] et le temps de conscience utile pour les personnes non-acclimatées [19], [16]. Il n'y a pas de limitation de temps de la conscience utile jusqu'à 5000 m ou 11.1 % O<sub>2</sub>, respectivement, ce qui veut dire que les personnes exposées à l'hypoxie peuvent quitter l'environnement hypoxique. Pour la correspondance du % en O<sub>2</sub>, voir aussi la note en figure 2.

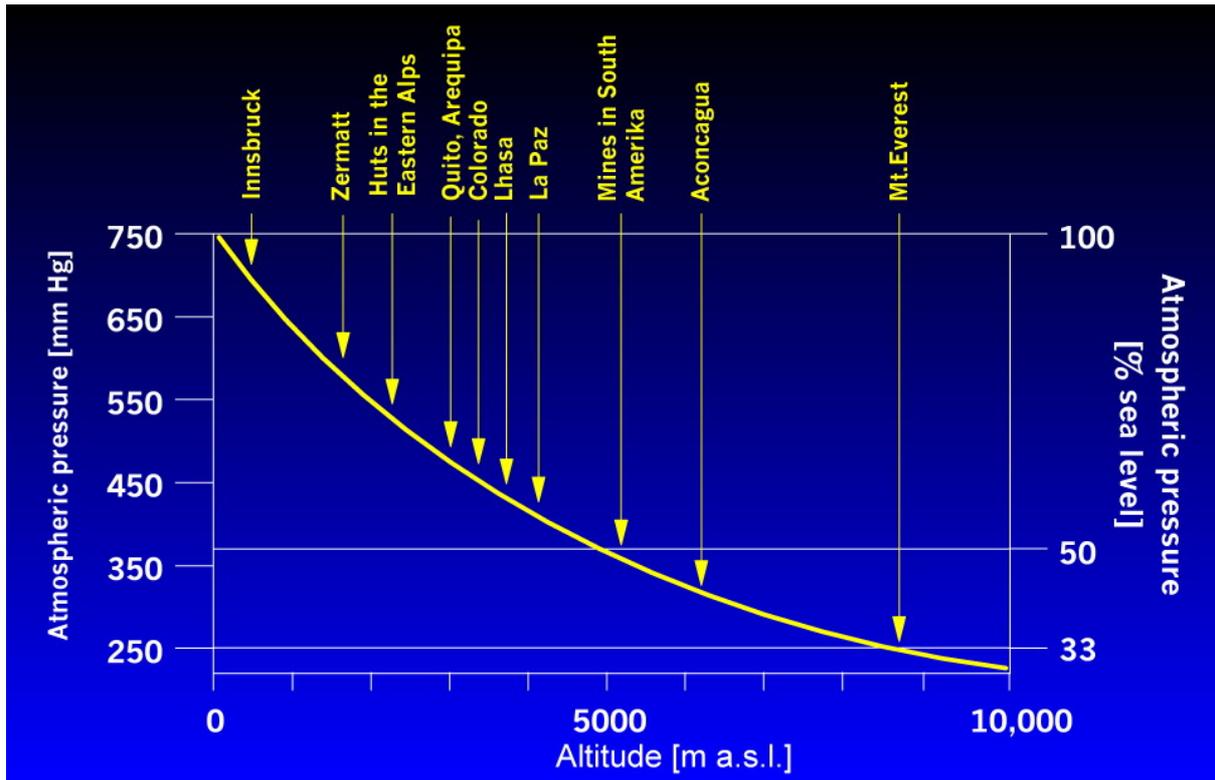
Avec l'augmentation d'altitude, la charge maximale de travail diminue de 10 à 20 % par 1000m (commençant à 1500M au-dessus du niveau de la mer) avec une perte de puissance plus marquée chez les personnes hautement entraînées (figure 3). Comme la plupart des travaux effectués en altitude sont de faible portance sur le corps humain (estimé à 0,5 – 1W/kg) cet effet ne limite pas la plupart des activités décrites précédemment. Durant des travaux exigeants ou épuisants à plus de 3000 m, la diffusion de l'O<sub>2</sub> devient un facteur de plus en plus limitant et les personnes effectuant des travaux intenses ne peuvent pas stabiliser leur SaO<sub>2</sub> à un niveau qui peut être attendu en fonction de l'altitude. Avec comme conséquence une diminution de leur SaO<sub>2</sub>. Des conditions de travail telles que celles-ci sont exclusivement pour des personnes en bonne santé, et donc une limitation de la charge (diminuée) doit être prise en compte quand l'activité requise et les ressources sont évalués (figure 3).



**Figure 3:** Diminution en charge maximale en altitude: -10% par 1000m (activité physique basse) et jusqu'à -15% par 1000m pour les personnes hautement entraînées[20], [21], [22], [23], [24]. 1,500m: "seuil d'altitude; 5,300m: limite d'acclimatation complète / séjour permanent

## 2.2 Exposition limitée

L'exposition typique du groupe d'exposition limitée est de 2000 à 3000 m pour quelques jours ou semaines. A certains endroits, ces personnes seront exposées à de conditions plus fortes à 4000 – 5000 m, p.ex. au dans le Colorado ou en Amérique du Sud. Des exemples de localisation pour des hommes d'affaires ou des voyageurs (non montagnards) sont données en figure 4. A l'inverse du groupe d'exposition extrêmement courte, la combinaison de l'altitude et de la durée d'exposition peut potentiellement causer des maladies d'altitude (malaigu des montagnes, MAM) pour les personnes non acclimatées. Une augmentation du pouls d'environ 12-14% peut être envisagée à 2500- 3000 m (ex.[25], [15], [26]). Une augmentation comparable de la ventilation par minute et de la fréquence respiratoire apparaîtra[27], [26]. La saturation en oxygène diminuera de seulement environ 6-8 % de la saturation mesurée au niveau de la mer et sera stable à 90-94% [28], [29], [26]. Une légère diminution de la performance aérobie (sans effet significatif sur les performances dans le travail) doit être attendue à 3000 m (figure 3) ,mais pas d'effet significatif sur les fonctions psychomotrices [30], [31]. Certaines données indiquent une légère perte dans la coordination de mouvements complexes, spécifiquement quand ils doivent être exécutés très rapidement.



**Figure 4:**Exemple de destinations pour hommes d'affaires ou voyageurs. Note: Certains endroits sont plus hauts que les plus grandes montagnes des Alpes européennes.

Le risque principal pour le groupe d'exposition limitée est le développement d'une maladie d'altitude, le plus souvent le MAM. L'Œdème pulmonaire de haute altitude (OPHA) est extrêmement rare à cette altitude (1:4,000 nuits de personnes non acclimatées à 3000 m [32]) alors qu'il apparaît en général au-dessus de 4000 m. Une augmentation significative du risque existe pour les personnes qui ont un profil d'ascension rapide, par exemple les hommes d'affaires qui arrivent en avion. Si la destination se situe aux alentours de 4500 m, le risque d'OPHA avec des symptômes sévères augmente à 1:600 [32] (signes d'OPHA dans les rayons –X jusqu'à 31,7% [33]) et 30 – 57% souffriront de MAM[34], [35], [7], [36], [37]. D'un autre côté, ces chiffres indiquent que quelques heures ou même une nuit à 3000 m est relativement sûre, au moins en ce qui concerne les personnes en bonne santé. Certaines personnes avec des maladies préexistantes pourraient courir un risque spécifique [3]. Néanmoins, les stratégies pour la sécurité et la santé au travail pour les groupes d'exposition limitée se sont focalisées sur le MAM. .

**Note:** Contrairement aux convictions de la plupart des occidentaux, les porteurs dans l'Himalaya ne sont plus de « vrais » Sherpas, et sont en fait des immigrants ou des habitants des plaines expatriés. Ils peuvent souffrir des mêmes risques d'altitude que n'importe quel autre visiteur. [38].

**Note:** Les personnes aux antécédents d'accident vasculaire cérébral, qui ont subi une radiothérapie du coup ou de la tête, avec un foramen ovale important, ou une artère pulmonaire unique, peuvent avoir un risque accru quand ils sont exposés à l'altitude, même si ils ne présentent pas les symptômes à basse altitude (plusieurs cas ont été rapportés, pas systématiquement chiffrés). Il n'y a pas de données qui

appuient de manière générale une incapacité de ces personnes à être exposée à l'hypoxie ou à l'altitude, mais ces personnes doivent être surveillées (monitoring) de près durant le premier test d'exposition, lequel devra avoir lieu là où il est facile de s'échapper. Une pièce d'assistance technique et médicale en hypoxie isobarique fournira une sécurité optimum pour ce genre de test.

### **2.3 Immigrants et expatriés**

Les expatriés dans ce document sont définis comme les personnes qui ont migré des plaines vers les régions de hautes altitudes, en général au-dessus de 3000 m. Certains d'entre eux vivent au-dessus de 4500 m. La durée peut être de plusieurs mois, fréquemment ce sont pour des années. En général, ce groupe ne souffrira pas de maladie d'altitude aiguë (après les premiers jours en altitude) et il s'acclimate complètement.

La définition inclut également les immigrants. Dans beaucoup de cas, les employés sont accompagnés de leur famille. Avec comme conséquence que la grossesse peut être un problème [11] et plus souvent les enfants d'âges différents seront exposés à une haute altitude. Après un certain temps, ils peuvent souffrir de maladies spécifiques du système cardio-pulmonaire: l'hypertension pulmonaire de haute altitude (HPHA) (anciennement appelé maladie subaiguë des montagnes) avec accès aigus de pression sanguine élevée dans les vaisseaux pulmonaires [39] et maladies cardiaques de haute altitude. Pour les détails, voir [13].

Après plusieurs mois en haute altitude, les adultes peuvent développer des symptômes de HPHA, causés par une hypertension pulmonaire chronique. Ces patients souffrent de signes d'insuffisance du ventricule droit (œdème périphérique, dyspnée, toux, et angine de poitrine). Après plusieurs années en altitude, les maladies de montagnes chroniques (CMS, maladie de Monge) peuvent apparaître (maux de tête, perte de concentration, vertige, capacité de travail réduite, cyanose, déformation distale des doigts, polyglobulie et forte concentration en hémoglobine) [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46].

### **2.4 Les populations d'altitude**

Les populations d'altitudes sont définies comme des populations vivant depuis plusieurs générations (certaines depuis plus de 30 000 ans) à une altitude supérieure à 3000 m. Ces personnes montrent des adaptations à long terme et génétiques. La plupart des problèmes de santé ne sont pas dus à l'altitude, mais causés par les facteurs socio-économique (bronchites chroniques, carcinomes du Kangri: cancer de la peau dans les cicatrices causés par des brûlures multiples aussi bien dues au port de four à charbon ou dues au fait de dormir à côté du feu) Alors que les troubles de la santé dus à l'altitude sont très peu courants chez les tibétains et que la médecine du travail n'est pas encore établie en Ethiopie, les montagnards d'Amérique du Sud – dont la plupart travaillent dans des mines à une altitude d'environ 5000 m – ont été étudiés et sont d'un intérêt particulier dans ce cas. Certains d'entre eux peuvent développer un CMS (voir ci-dessus). Un autre problème spécifique consiste en l'œdème pulmonaire de ré-entrée chez les montagnards mais aussi les expatriés et les immigrants qui sont en visite chez des amis à des altitudes proches du niveau de la mer et qui courent un risque quand ils retournent à leur haute altitude après un

séjour d'une ou deux semaines à basse altitude. Les symptômes sont identiques que pour le OPHA.

**Note:** Contrairement aux convictions de la plupart des occidentaux, beaucoup de porteurs dans l'Himalaya ne sont plus de vrais Sherpas, mais des immigrants ou expatriés des plaines. Ils peuvent donc souffrir des mêmes risques d'altitudes que n'importe quel autre visiteur [38]. Il est dès lors préférable de coopérer avec des agences qui suivent les règles de l'International Porters Protection Group (IPPG, voir annexe 4).

### 3. Les aspects de la santé et de la sécurité du travail

Avec la structure systématique donnée ci-dessus, les recommandations pour fournir des conseils spécifiques et des procédures pour la médecine du travail seront données ici afin de faciliter la sélection du personnel et offrir une information sur la santé et la sécurité pour les employés allant en altitude. Un aperçu est donné dans le diagramme en annexe 2. Pour chaque situation standard, un diagramme tel que décrit en annexe 3 peut être utilisé. La charge de travail peut être estimée selon le tableau 3 ou [47].

Contrairement à toutes les autres expositions professionnelles ou moins d'expositions veut en général dire moins de risques, les employés tirent un profit de altitude s'ils sont exposés aussi souvent que possible à l'hypoxie car on peut s'attendre à une adaptation partielle (bien que les statistiques scientifiques à propos de l'hypoxie intermittente soient limitées).

Toutes personnes travaillant en altitude ou dans des conditions hypoxiques devraient être averties de boire en quantité suffisante à fin de préserver leur hydratation.

**Note:** Contrairement à une réflexion commune, ce n'est pas le cœur qui comporte le plus grand risque pour les personnes en altitude. Tandis que le myocarde est capable de supporter un degré d'hypoxie surprenant, le poumon pourra être le facteur limitant en cas de maladie préexistante.

#### 3.1 Exposition extrêmement courte

Comme mentionné ci-dessus, la situation pour ce groupe peut mieux être illustrée par la situation à l'intérieur d'une cabine d'avion (ceci exclut les sujets à avec charge de travail très importante et le coaching d'athlète qui s'acclimatent à des altitudes extrêmes, voir ci-dessous). Dans ces situations étudiées, on trouve les exigences minimales suivantes données par la médecine aérospatiale (valeur au niveau de la mer pour adulte) [48]:

- Capacité vitale            3 l
- FEV1                            70%
- SaO<sub>2</sub>                            85%
- pO<sub>2</sub>art.                        70 mm Hg

L'hémoglobine devrait être >10g/dl et le nombre d'érythrocytes >3 Million/ $\mu$ l [48].

Les deux sont des contre-indications relatives dans le cas d'un patient anémique chronique compensé qui peut être complètement adapté.

Pour une exposition jusqu'à 2700 m (équivalent à environ 15.0-14.8% O<sub>2</sub>) un contrôle réalisé par la médecine du travail, le cas échéant, devrait inclure les sujets suivants :

- L'historique de la personne:
  - Existence d'indicateurs de maladie cardio-pulmonaire ou limitation significative de la charge de travail maximum (sport ?)
  - Existence de maladies ou opérations importantes durant les dernières années?
  - Existence de problèmes survenus durant des séjours antérieurs en altitude?
  - Charge de travail élevée ou extrême à une altitude attendue?

Si la personne effectue une quelconque endurance sportive en aérobie régulièrement et sans problèmes, il n'y a pas de doute – sans autre investigation médicale- qu'il n'y ait pas de risque si cette personne est exposée dans les conditions décrites pour le groupe d'exposition extrêmement courte » jusqu'à 2700 m ou environ 15.0-14.8% O<sub>2</sub>.

- les explorations biologiques ou techniques sont exigées uniquement dans les cas qui ne sont pas totalement clairs après vérification de l'historique du patient:
  - Anémie importante : bilan sanguin
    - Note: exclure l'anémie à hématies falciformes si la personne appartient à un groupe à risque endémique
  - Hypertension pulmonaire : échographie cardiaque
  - Maladie pulmonaire : spirométrie et ergométrie
  - Maladie cardiaque : ergométrie, stress, échographie cardiaque

Si les employés sont exposés à une altitude équivalente à 2700 – 3800 m comme mentionné dans le chapitre 2.1, la procédure médicale devrait inclure également le bilan sanguin, l'ergométrie et la spirométrie (comme le VO<sub>2</sub>max est le facteur limitant en haute altitude, il peut être combiné à la spiroergométrie).

Les employés qui vont au-delà de 3800 m devrait être testés comme détaillé ci-dessus pour les 2700 – 3800 m. Depuis que les chambres hypoxiques sont de plus en plus disponibles (p.ex. pièces ou centre pour l'entraînement hypoxique) ces employés devraient être exposés à l'hypoxie une fois avant leur premier départ en haute altitude ou avant d'entrer dans la pièce hypoxique pour la première fois. L'exposition doit prendre en compte le genre, la durée prévue, et spécifiquement les altitudes (équivalente) (pO<sub>2</sub>) de l'exposition durant le travail : pour une tâche devant être effectuées dans un environnement contrôlé (chambre hypoxique) pour une durée limitée, une exposition aigue de 1-2 heures à l'altitude (équivalente) où le travail sera effectué plus tard, devrait être suffisante. Durant l'exposition, la personne devrait être sous monitoring comprenant la SaO<sub>2</sub>, la fréquence cardiaque, et les symptômes relatifs à l'altitude. Et ce par des personnes compétentes en médecine d'altitude. Les personnes souffrant de maladie cardio-pulmonaire > classe INYHA/CCS, anémiques ou les femmes enceintes ne devrait pas être choisies pour le travail à haute altitude ou une hypoxie correspondant à altitude>3,800m [3], [49], [11].

Pour une journée de travail ordinaire, il n'est pas nécessaire d'inclure des pauses additionnelles, si l'altitude réelle ou équivalente ne dépasse pas 2700 m (resp. 14.8% O<sub>2</sub> dans des conditions isobariques), étant donné qu'il n'y a pas de risque de trouble lié l'altitude. Si possible, lorsque le travail dure toute une journée dans une chambre hypoxique (p.ex. protection contre l'incendie), la personne devrait être avisée de quitter le lieu hypoxique pour une pause déjeuner. Si des personnes non-acclimatées sont exposées à des altitudes équivalentes à 2700 – 3800 m comme mentionné plus haut, on devrait leur conseiller de faire une pause en normoxie d'au moins 15 min toutes les 2 heures d'exposition. Si elles sont exposées à plus de 3800 m, cette pause devrait être de 30 min. Les travailleurs non-acclimatés devraient éviter l'exposition à plus de 4500 m ou ne pas rester plus de 30 min à cette altitude.

On devrait conseiller à chaque travailleur de quitter les lieux hypoxiques s'il ne se sent pas bien. Revenir en normoxie aussi rapidement que possible est la meilleure thérapie dans une telle situation. Comme les maladies d'altitude ne surviennent jamais soudainement, les employés qui auront écouté ces conseils, ceux-ci doivent être donnés avant l'ascension, auront beaucoup de temps pour échapper à l'hypoxie (voir aussi tableau 2). Il n'est donc pas nécessaire d'avoir une équipe de secours en attente pour ce groupe d'extrêmement courte durée.

Si les symptômes disparaissent complètement après 15 ou 30 min, la personne peut à nouveau entrer si nécessaire. Si le sujet ne récupère pas complètement dans la demi-heure, on devrait lui conseiller de consulter un médecin spécialisé en médecine d'altitude avant la prochaine exposition.

On devrait conseiller aux travailleurs d'utiliser un aérosol décongestionnant s'ils montent rapidement en altitude (hypoxie hypobarique) s'ils souffrent d'infection des voies respiratoires supérieures. (Ex. xylometazoline spray). Il faudra porter une attention particulière aux enfants soumis à de telles situations. [13].

Une charge de travail maximum n'a pas besoin d'être réalisée pour tous les travailleurs : si le travail effectué en altitude n'est pas très difficile (ex. administratif (hommes d'affaires), supervision, etc.) et que l'altitude ne dépasse pas 2700 m, il est dès lors suffisant de savoir si la personne est capable de grimper un escalier ou de marcher 80-100 m horizontalement sans être essoufflé [49]. Plus les stades détaillés selon NYHA / CCS [50], [51], [52] (Pour les stades, voir aussi annexe 3):

- NYHA / CCS I (aucun symptôme): Pas de limitation d'altitude
- NYHA / CCS II (Symptômes durant une charge de travail modérée): Pas de limitation d'altitude pour les activités avec charge de travail mineure
- NYHA III-IV (Symptômes durant une charge de travail minimum ou au repos) : contre-indication pour l'altitude. Les diagnostics et les situations qui sont une contre-indication permanente ou temporaire sont donnés dans le tableau 2. Nous nous référons également aux recommandations données en [3] et [53].

Diagnostique	Période pendant laquelle l'altitude/hypoxie devrait être évitée
Accident cardio-vasculaires	3 mois
Infarctus du myocarde	6 semaines, si pas de complication
	10 semaines (ou plus) en cas de complication (p.ex. arythmie importante)
Pontage aortocoronarien	2-3 semaines
PTCA	3 jours
endoprothèse	3-10 jours
Implantation Pace maker	Après examen médical satisfaisant
Infection broncho-pulmonaire aiguë	Pas d'exposition avant rétablissement
Asthme (provoquée par le stress)	Pas d'exposition si pas suffisamment traité

**Table 3:** Les contre-indications permanentes ou temporaires pour les séjours en altitude pour le groupe d'exposition extrêmement courte, telles que définies ci-dessus (selon les recommandations destinées aux voyageurs aériens) [48]

Aux altitudes généralement visitées pour les durées extrêmement courtes (1500-3000m) la charge de travail maximale est seulement faiblement diminuée (fig. 3). Dès lors, les recommandations données pour un travail exigeant (par ex utilisation d'un appareil respiratoire indépendant) peuvent être utilisés sans modification, si un tel travail doit être fait à 2000 – 3000 m. Au-dessus de cela, il y a une réduction de 10 % par 1000 m, qui devrait être ajoutée aux exigences minimales.

Si l'exigence minimale pour un travail donné au niveau de la mer est de 2 W/kg et que ce travail doit être effectué à 4000 m, l'estimation est comme suit :  $(4000-1500)/1000=2.5$ ;  $2.5*10\%=25\%$ ;  $2W/kg+25\% = 2.5 W/kg$ . Au niveau de la mer, ce travailleur devra être capable de fournir au moins 2.5 W/kg pour être capable de faire un travail semblable à 4000 m.

Les données concernant la charge de travail nécessaire pour différentes tâches au niveau de la mer sont fournies par une littérature médicale, p. ex. [47]. Un exemple de protocole d'examen médical pour les membres d'équipage des services de secours alpin héliportés est donné en exemple pour les travailleurs en altitude exposés à une charge de travail importante en annexe 1. Les tableaux 4 et 5 donnent des informations concises sur le sujet. Indépendamment de ces facteurs, on devrait conseiller aux travailleurs de minimiser leur charge de travail autant que possible, et spécialement éviter une respiration forcée durant l'expiration.

Catégorie de risque	Oxygène dans l'air inspiré			Risques spécifiques	Mesures de précaution
	%O <sub>2</sub> [%]	corr. Altitude [m]	pO <sub>2</sub> [mm Hg]		
Classe 1	≥17	0 - 1,600	760 - 620	Pas de risque	Conseils aux employés
Classe 2	16.9 - 14.8	1,600 - 2,700	620 - 550	Pas de risque pour un travail d'une journée si des maladies pulmonaires ou cardiaques sévères ou une anémie sévère sont exclus	Mis à part les maladies sévères (exigences minimum : monter 2 étages sans dyspnée) (voir table 5) Conseils aux employés
Classe 3	14.7 - 13.0	2,700 - 3,800	550 - 480	Pas de risque si les maladies mentionnées pour la classe 2 sont exclues et que la charge de travail est limitée (voir tableau 3) et que la durée d'exposition ne dépasse pas 4 heures/jour ou 2x2 heures/jour avec charge de travail importante	Mis à part les maladies sévères (médecine du travail ou médecin nécessaire) la simple déclaration ne suffit pas) Examen du niveau de la charge de travail (voir commentaire ci-dessous et tableau 5) Conseils aux employés
Classe 4	<13.0	>3,800	<480	Risque de MAM ou autres troubles (p.ex. coordination limitée des mouvements) peuvent apparaître pour les personnes non-acclimatées	Des mesures de précautions spéciales sont nécessaires (voir commentaires ci-dessous)

**Table 4:** Classification des risques d'hypoxie et les mesures de précaution

Les personnes exposées à une altitude extrême, p.ex. pour la préparation des membres d'une expédition, doivent avoir une capacité cardio-pulmonaire (et particulièrement pulmonaire) tout à fait normale. Ceci peut aussi inclure les patients asthmatiques stabilisés. Au-dessus de 4500 m, les travailleurs doivent être examinés par une "personne de secours" non exposé à l'hypoxie isobarique mais qui est en contact permanent avec la personne à l'intérieur. Une chambre de supervision optimum pour l'hypoxie isobarique devrait être construite avec une grande fenêtre donnant sur la pièce voisine. Au-dessus de 4500 m, la sécurité peut être augmentée par la présence d'une bouteille d'oxygène et d'un masque. Au-dessus de 4500 m, un médecin spécialisé en haute altitude devrait être appelable. Au-dessus de 5000 m, il devrait être présent sur les lieux.

A l'inverse des personnes du groupe « exposition extrêmement courte », les travailleurs ont besoin d'être informés sur les symptômes et la gestion d'une hypoxie aigue. De plus, s'ils travaillent régulièrement dans de telles conditions (p. ex chaque jour 2 ou 3 séances de 15 à 60 min ou plus) le bénéfice d'une acclimatation partielle peut être attendu (bien que les statistiques soient rares sur ce sujet).

Conditions	Activité physique minimale
Classe 1: tout type de travail	Même qu'au niveau de la mer
Class 2: inspection, supervision (ou équivalent)	75 W
Class 2: travail modéré	125 W
Class 2: travail difficile (p.ex. déplacement de charges lourdes)	>200 W
Class 3: inspection, supervision (ou équivalent)	100 W
Class 3: travail modéré	150 W
Class 3: travail difficile (p.ex. déplacement de charges lourdes)	>200 W
Class 4: inspection, supervision (ou équivalent)	125 W
Class 4: travail modéré	>200 W
Class 4: travail difficile (p.ex. déplacement de charges lourdes)	Personnes parfaitement entraînées ou bien acclimatées uniquement

**Table 5:** L'activité physique minimale pour plusieurs conditions de travail en hypoxie (Watts exécutés pour au moins 3 minutes, tapis roulant ou cyclo-ergométrie, chiffres selon [20]; L'activité physique minimale inclus une marge de sécurité)

### 3.2 Exposition limitée

Si ce groupe se rend à une altitude comparable au précédent, les exigences minimales du système cardio-pulmonaire et les critères d'exclusion (tableau 2) sont identiques. Une attention spéciale devrait être portée aux personnes qui pourraient être suspectées d'apnée obstructive du sommeil, laquelle est souvent combinée à une hypertension pulmonaire (HTAP). Cette HTAP peut augmenter de façon significative en altitude. Comme mentionné au chapitre 2, il y a un autre risque pour ce groupe qui ne peut pas (encore) être prédit par un examen médical : le MAM. Ici, la médecine du travail préventive inclut un avis détaillé à propos des symptômes du MAM et comment le traiter [18]. Si possible, une discussion doit avoir lieu avec le manager responsable des employés pour fournir un avis et un profil d'ascension adéquat. Ceci peut inclure une arrivée un jour plus tôt et une nuit à une altitude intermédiaire. Si une ascension immédiate et une nuit au-dessus de 2500 m ne peuvent pas être évités, on peut envisager une prophylaxie médicamenteuse (acétazolamide 125 mg, [18]).

Il devrait être mentionné ici que certaines installations dans lesquelles les personnes travaillent à haute altitude sont équipées de pièces enrichies en oxygène (p. ex mines ou télescopes dans les Andes). Chaque 1% additionnel d'oxygène correspond à une réduction de 300 m d'altitude sans augmenter le risque de feu. Avec cette technologie, certaines installations fournissent un environnement intérieur qui correspond à une altitude de 3000 m, laquelle est bien tolérée.

Si la personne est exposée sans avoir la possibilité de pouvoir s'échapper de l'hypoxie (ex. voyage d'affaire dans les Andes (Amérique du Sud)), un profil d'ascension selon les recommandations internationales, ex [18], devrait faire partie intégrante de la stratégie quand un travail est planifié. Si le lieu de travail est situé à plus de 3800 m, la personne devrait pouvoir dormir au moins une nuit à une altitude équivalente en conditions contrôlées (chambre hypobarique dans un centre d'entraînement avec un médecin spécialisé en médecine d'altitude) avant son départ pour de tels endroits. Selon l'altitude finale, cette préparation/test peut inclure

plusieurs nuits en conditions hypobariques dans le but de réaliser un profil d'altitude et une acclimatation respectant le "Gold Standard" tel que recommandé [18].

On devrait conseiller à chaque travailleur de contacter un médecin spécialisé en haute altitude immédiatement au cas où il ne se sentirait pas bien en haute altitude et ne pourrait pas redescendre. Le travailleur devrait être en possession d'antidouleurs, de nifédipine, de dexaméthasone, et d'acétazolamide, avec les instructions adaptées et le moyen de contacter un médecin capable de gérer les urgences pour les destinations au-dessus de 3800 m. En-dessous de 3800 m un antidouleur standard (pas d'aspirine) devrait être suffisant.

### **2.3 Expatriés et immigrants**

Pour leur voyage, ce groupe doit être informé sur le MAM tel que décrit au point 2.2. Avant leur départ, ils doivent subir un examen médical détaillé, comprenant au minimum un électrocardiogramme et une échocardiographie cardiaque. Ceci pour deux raisons: i. exclure l'HTAP et ii. obtenir des valeurs initiales utiles pour une comparaison avec des contrôles ultérieurs. L'HPHA, qui constitue le risque principal pour ce groupe, cause une hypertrophie et une dilatation du ventricule droit, une hypertension pulmonaire (HTAP), et parfois, un épanchement péricardique. Dans la plupart des lieux dans lesquels ces expatriés travaillent, l'échographie cardiaque n'est pas accessible. Les examens de suivi peuvent être effectués lors du retour à la maison. Une échographie de contrôle devrait être effectuée au moins une fois par an ou dès que des symptômes apparaissent. Pour rappel, les enfants accompagnants nécessitent une attention particulière[13]. Pour toutes pathologies indiquant une augmentation de la pression artérielle pulmonaire ou une hypertrophie du ventricule droit ou une dilatation de celui-ci et confirmées par l'échocardiographie, l'on devrait conseiller au patient de quitter leur résidence en haute altitude aussi rapidement que possible.

### **3.4 Populations d'altitude**

Comme mentionné ci-dessus, les problèmes d'altitude sont rares dans ce groupe. Les travailleurs qui descendent dans les plaines pour les vacances ou pour d'autres raisons pour plus d'une semaine, devrait être informés comme décrit au point 2.2, afin d'éviter un OPHA de ré-entrée. Ils devraient être formés aux gestes de premiers secours si cela devait arriver.

Les montagnards sud-américains devraient être suivis par la médecine du travail pour les CMS. Au minimum, ces examens devraient inclure une analyse de l'hématocrite, de l'hémoglobine, et une numération érythrocytaire, ces examens devraient avoir lieu chaque année. Si des symptômes suggérant le CMS apparaissent, une échographie cardiaque additionnelle devrait être exécutée dans la mesure du possible.

## Références

1. Barcroft, J, Respiratory function of the blood. Part I. 1925, New York: Cambridge University Press.
2. Savourey, G, et al., Normo- and hypobaric hypoxia: are there any physiological differences? *Eur J Appl Physiol*, 2003. 89(2): p. 122-6.
3. Milledge, J and T Kupper. Consensus Statement of the UIAA Medical Commission Vol.13: People with Pre-Existing Conditions Going to the Mountains. 2008; [www.theuiaa.org/medical\\_advice.html](http://www.theuiaa.org/medical_advice.html).
4. Gunga, HC, et al., Time course of erythropoietin, triiodothyronine, thyroxine, and thyroid-stimulating hormone at 2,315 m. *J Appl Physiol*, 1994. 76(3): p. 1068-72.
5. Sakata, S, et al., Correlation between erythropoietin and lactate in humans during altitude exposure. *Jpn J Physiol*, 2000. 50(2): p. 285-8.
6. Cottrell, JJ, Altitude exposures during aircraft flight. Flying higher. *Chest*, 1988. 93(1): p. 81-4.
7. Basnyat, B, Acute mountain sickness in local pilgrims to a high altitude lake (4154 m) in Nepal. *J Wild Med*, 1993. 4: p. 286-292.
8. Basnyat, B and DR Murdock, High-altitude illnesses. *Lancet*, 2003. 361: p. 1967-1974.
9. Rabold, MB, Dexamethasone for prophylaxis and treatment of acute mountain sickness. *J Wilderness Med*, 1992. 3(1): p. 54-60.
10. Hackett, PH and RC Roach, High-altitude illness. *N Engl J Med*, 2001. 345(2): p. 107-114.
11. Jean, D, C Leal, and H Meijer. Consensus Statement of the UIAA Medical Commission Vol.12: Women Going to Altitude. 2008; [www.theuiaa.org/medical\\_advice.html](http://www.theuiaa.org/medical_advice.html).
12. Jean, D, et al., Medical recommendations for women going to altitude. *High Alt Med Biol*, 2005. 6(1): p. 22-31.
13. Meijer, HJ and D Jean. Consensus Statement of the UIAA Medical Commission Vol.9: Children at Altitude. 2008; Available from: [www.theuiaa.org/medical\\_advice.html](http://www.theuiaa.org/medical_advice.html).
14. Ruff, S and H Strughold, Grundriss der Luftfahrtmedizin. 2. Aufl. ed. 1944, Leipzig: Johann Ambrosius Barth. 249.
15. Muller, B, Die gesamte Luftfahrt- und Raumflugmedizin. 1967, Düsseldorf: Droste Verlag.
16. Ernsting, J and P King, Aviation Medicine. 2nd ed. ed. 1994, Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd.
17. Gronimus, B, [Validation of Borg's Scale to rate perceived exertion at moderate and high altitude], in Institute of Occupational and Social Medicine. 2011, RWTH Aachen University: Aachen.
18. Kupper, T, et al. Consensus Statement of the UIAA Medical Commission Vol.2: Emergency Field Management of Acute Mountain Sickness, High Altitude Pulmonary Oedema, and High Altitude Cerebral Oedema. 2008; [www.theuiaa.org/medical\\_advice.html](http://www.theuiaa.org/medical_advice.html).
19. Amsler, HA, Flugmedizin für zivile Besatzungen. 1971, Bern: Verlag Eidgenössisches Luftamt. 135.
20. Kupper, T, [Workload and professional requirements for alpine rescue], in Dept. of Aerospace Medicine. 2006, RWTH Aachen Technical University: Aachen.
21. West, JB, Limiting factors for exercise at extreme altitudes. *Clin Physiol*, 1990. 10(3): p. 265-72.
22. Buskirk, ER, J Kollias, and E Picon Reategui, Physiology and performance of track athletes at various altitudes in the United States and Peru, in The international symposium on the effects of altitude on physical performance, Goddard, RF, Editor. 1966, The Athletic Institute: Chicago.

23. Jackson, CG and BJ Sharkey, Altitude, training and human performance. *Sports Med*, 1988. 6(5): p. 279-84.
24. Buskirk, ER, et al., Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. *J Appl Physiol*, 1967. 23: p. 259-267.
25. Glaisher, J, Notes of effects experienced during recent balloon ascents. *Lancet*, 1862. 2: p. 559-560.
26. Kupper, T, Körperliche und fachliche Anforderungen bei Rettung aus alpinen Notlagen - Analyse der Belastungen und Beanspruchungen der Ersthelfer und der Angehörigen der Rettungsdienste und ihre Konsequenzen für präventive und rehabilitative Ansätze in Flugmedizin, Arbeitsmedizin und alpiner Sportmedizin, in Institut für Flugmedizin. 2006, Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH): Aachen. p. 377.
27. Rupwate, RU, M Chitale, and SR Kamat, Cardiopulmonary functional changes in acute acclimatisation to high altitude in mountaineers. *Eur J Epidemiol*, 1990. 6(3): p. 266-72.
28. Horii, M, et al., Physiological characteristics of middle-aged high-altitude climbers of a mountain over 8000m in height. *J Wildl. Med.*, 1994. 5(4): p. 447-450.
29. Cottrell, JJ, et al., Inflight arterial saturation: continuous monitoring by pulse oximetry. *Aviat Space Environ Med*, 1995. 66(2): p. 126-30.
30. Waanders, R and G Riedmann, Short term impairment in cognitive functioning after a rapid ascent to altitude of 4,559 meters (Abstract). *Eur J Neurisci (Suppl)*, 1994. 7: p. 217.
31. Tune, GS, Psychological effects of hypoxia: Review of certain literature from the period 1950 to 1963. *Percept Mot Skills*, 1964. 19: p. 551-562.
32. Hochstrasser, J, A Nanzer, and O Oelz, [Altitude edema in the Swiss Alps. Observations on the incidence and clinical course in 50 patients 1980-1984]. *Schweiz Med Wochenschr*, 1986. 116(26): p. 866-73.
33. Bircher, HP, et al., Relationship of mountain sickness to physical fitness and exercise intensity during ascent. *J Wildl Med*, 1994. 5(4): p. 302-311.
34. Basnyat, B, J Lemaster, and JA Litch, Everest or bust: a cross sectional, epidemiological study of acute mountain sickness at 4243 meters in the Himalayas. *Aviat Space Environ Med*, 1999. 70(9): p. 867-73.
35. Hackett, PH and D Rennie, Rales, peripheral edema, retinal hemorrhage and acute mountain sickness. *Am J Med*, 1979. 67(2): p. 214-8.
36. Maggiorini, M, et al., Prevalence of acute mountain sickness in the Swiss Alps. *Bmj*, 1990. 301(6756): p. 853-5.
37. Schneider, M, et al., Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure, and ascent rate. *Med Sci Sports Exerc*, 2002. 34(12): p. 1886-91.
38. Basnyat, B and JA Litch, Medical problems of porters and trekkers in the Nepal Himalaya. *Wilderness Environ Med*, 1997. 8(2): p. 78-81.
39. Sui, GJ, et al., Subacute infantile mountain sickness. *J Pathol*, 1988. 155(2): p. 161-70.
40. Arregui, A, et al., Migraine, polycythemia and chronic mountain sickness. *Cephalalgia*, 1994. 14(5): p. 339-41.
41. Bernardi, L, et al., Ventilation, autonomic function, sleep and erythropoietin. Chronic mountain sickness of Andean natives. *Adv Exp Med Biol*, 2003. 543: p. 161-75.
42. Curran, LS, et al., Ventilation and hypoxic ventilatory responsiveness in Chinese-Tibetan residents at 3,658 m. *J Appl Physiol*, 1997. 83(6): p. 2098-104.
43. Ge, RL and G Helun, Current concept of chronic mountain sickness: pulmonary hypertension-related high-altitude heart disease. *Wilderness Environ Med*, 2001. 12(3): p. 190-4.
44. Leon-Velarde, F and JT Reeves, International consensus group on chronic mountain sickness. *Adv Exp Med Biol*, 1999. 474: p. 351-3.

45. Monge, CC, A Arregui, and F Leon-Velarde, Pathophysiology and epidemiology of chronic mountain sickness. *Int J Sports Med*, 1992. 13 Suppl 1: p. S79-81.
46. Moore, LG, S Niermeyer, and S Zamudio, Human adaptation to high altitude: regional and life-cycle perspectives. *Am J Phys Anthropol*, 1998. Suppl 27(107): p. 25-64.
47. Spitzer, H, T Hettlinger, and G Kaminski, *Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit*. 1982, Berlin, Köln: Beuth Verlag.
48. Siedenburg, J, *Kompendium Reisemedizin und Flugmedizin*. 6. Aufl. ed. 2009, Norderstedt: BoD - Books on Demand.
49. Kupper, T, [Non-traumatic aspects of sport climbing]. *Wien Med Wochenschr*, 2005. 155(7-8): p. 163-70.
50. N.N., The Criteria Committee of the New York Heart Association. *Diseases of the Heart and Blood Vessels: Nomenclature and Criteria for Diagnosis*, in *The Criteria Committee of the New York Heart Association. Diseases of the Heart and Blood Vessels: Nomenclature and Criteria for Diagnosis*, N.N., Editor. 1928, Little Brown: Boston, Mass.
51. N.N., The Criteria Committee of the New York Heart Association. *Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Diseases of the Heart and Great Vessels*, in *The Criteria Committee of the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Diseases of the Heart and Great Vessels*, N.N., Editor. 1994, Little, Brown & Co: Boston, Mass. p. 253-256.
52. Miller-Davis, C, S Marden, and NK Leidy, The New York Heart Association Classes and functional status: what are we really measuring? *Heart Lung*, 2006. 35(4): p. 217-24.
53. Angelini, C and G Giardini. *Consensus Statement of the UIAA Medical Commission Vol.16: Travel to Altitude with Neurological Disorders*. 2009 [cited 2009].

### **Membres de la Commission Médicale de l'UIAA MedCom**

C. Angelini (Italy), B. Basnyat (Nepal), J. Bogg (Sweden), A.R. Chioconi (Argentina), S. Ferrandis (Spain), U. Gieseler (Germany), U. Hefti (Switzerland), D. Hillebrandt (U.K.), J. Holmgren (Sweden), M. Horii (Japan), D. Jean (France), A. Koukoutsis (Greece), J. Kubalova (Czech Republic), T. Küpper (Germany), H. Meijer (Netherlands), J. Milledge (U.K.), A. Morrison (U.K.), H. Mosaedian (Iran), S. Omori (Japan), I. Rotman (Czech Republic), V. Schöffl (Germany), J. Shahbazi (Iran), J. Windsor (U.K.), Traduction Française: D.Moens (Belgique).

### **Auteur invité**

R. Pullan (Altitude Centre, London, U.K.)

### **Historique de la recommandation**

La version présentée ici a été approuvée par consentement écrit lors d'une réunion en août 2009, mise à jour et approuvée par consentement écrit en avril 2010.

La mise à jour actuelle a été finalisée et approuvée à la réunion annuelle de Whistler / Canada en juillet 2012.

## **Annexe 1 : Prise en charge type par la médecine du travail pour les membres des services de secours alpins hélicoptère [20]**

### **1. Premier contrôle (avant le départ ou travail)**

#### 1.1 Historique du patient

- Historique général
- Historique spécifique (médecine aérospatiale et d'altitude)
  - Problèmes pendant ou après le vol (lesquels ? Quand ? Reproductible ? À quelle altitude ? Combien de temps après l'arrivée en altitude ? Autres symptômes ?)
  - Problèmes liés à un séjour en altitude, particulièrement essoufflement en altitude, dyspnée, ou activité physique réduite (quand ? reproductible ? A quelle altitude ? Combien de temps après l'arrivée en altitude ? Autres symptômes ? ) ; MAM, OPHA ou OCHA dans l'historique?
- Vaccinations
  - Infections présentes ou passées ou troubles infectieux
- Historique du travail
- Symptômes actuels
- L'attention devrait être portée sur :
  - Maladie immunologique ou maladies (ou thérapies) nuisant gravement au système immunitaire
  - Trouble de la circulation sanguine (hypertension, hypotension avec vertiges)
  - Maladie coronarienne / angine de poitrine, infarctus du myocarde, arythmie, insuffisance cardiaque
  - Trauma cérébral
  - Diabète (spécialement de Type I A)
  - Néphropathie
  - Maladies dermatologiques qui facilitent l'invasion de germes pathogènes ou qui cause une sensibilité accrue aux radiations UV
  - Maladie neurologique
  - Maladie psychiatrique
  - Utilisation de médicament ou d'alimentation de luxe pouvant avoir des effets secondaires sédatifs, alcool ou médicament hypnotique
  - Maladie ophtalmologique ou trauma nuisant à la vision
  - Maladie ou trauma de l'oreille interne ou moyenne
  - Sensibilité au mal des transports
  - Phobies (acrophobie, peur du vide ou vertige, peur de l'avion)

#### 1.2 Contrôle médical orienté en fonction du type de travail

- Check-up clinique
- Test de dépistage «bruit »
  - Otoscopie
  - Audiométrie (conduction d'air) à 1-6 kHz
- Examens de laboratoire
  - Dépistage urine (jaune)
  - ESR
  - Numération sanguine (hémoglobine, érythrocytes, leucocytes, hématocrite)
  - TGO, TGP, Gamma GT
  - Créatinine
  - Glycémie (si nécessaire : HGPO, Hb<sub>A1c</sub>)
  - Anti-HBc ou (personnes vaccinées) Anti-HBs quantitatif
    - si Anti-HBc positif: vérification HBs-Ag et Anti-HBs quantitatif
    - si HBs-Ag positif: vérification HBe-Ag et Anti-HBe
- Ophtalmologie
  - Mesure de la vision (proche et distante)

- vision stéréoscopique
- vision des couleurs
- champs de vision
- vision mésotopique sensibilité à la lumière
- radiographie du thorax
- Performance
  - Spirométrie
  - Ergométrie
- Equilibre
  - Test de Romberg (1 min.)
  - Test de Fukuda (1 min.)

Remarques:

- Une audiométrie est inutile si les données attendues sont disponibles d'une précédente évaluation datant de moins de 6 mois. Si une pathologie est confirmée, un examen approfondi immédiat des oreilles est indiqué.
- La radiographie du thorax n'est pas nécessaire si l'examen a eu lieu dans les deux années précédentes et qu'aucun diagnostic pathologique n'est suspecté.

1.3 Examens complémentaires pouvant être réalisés

- Cranio-Corpographie avec enregistrement photo-optique
- Spiroergométrie

1.4 Critères de médecine aérospatiale et de médecine du travail

1.4.1 Incapacité permanente pour le travail en altitude ou en hypoxie

- Personnes avec un ou plusieurs des symptômes neurologiques, otologiques ou psychiatriques suivants :
  - Conscience réduite ou trouble épileptique indépendamment de la cause
  - Maladies neurologiques (centrale ou périphérique) avec réduction fonctionnelle significative, spécifiquement après un trauma cérébral, réduction d'irrigation cérébrale, maladie organique du cerveau ou de l'épine dorsale, et neuropathies périphériques indépendamment de la cause.
  - Trouble de l'équilibre avec
    - Oscillation latérale dans les étapes du test Fukuda >20 cm ou déviance latérale dans le test de Romberg >80° à droite ou >70° du côté gauche, ou
    - oscillations longitudinales dans le test de Romberg de >12 cm ou oscillation latérales >10 cm, si celles-ci ne disparaissent pas après la période d'observation donnée en 1.4.2
  - Crise chronique de vertiges avec troubles significatifs des mouvements vestibulo-oculaires ou rétino-oculaires (prouvé par "electromyostagmy")
  - Médication permanente avec médicaments qui peuvent avoir des effets secondaires sédatifs.
  - Toutes sortes d'abus de médicaments ou de stimulants, à l'anamnèse de la personne
  - toutes maladies psychiques, y compris dans le cas d'une amélioration significative ou rechute ou décompensation qui peut avoir une influence significative sur la sécurité au travail (spécifiquement dans le cas de maladies qui peuvent réduire la gestion du stress ou l'évaluation du risque)
  - Une augmentation individuelle du risque de perte auditive par le bruit, p.ex.:
    - Perte auditive significative dans la conduction osseuse pour au moins une oreille et au moins un test de fréquence entre 1 et 6 kHz
    - Vertige vestibulaire ou Maladie de Ménière
    - Maladies significatives de l'oreille interne à l'anamnèse de la personne (p.ex. perte auditive aiguë)
    - Perturbation de l'ouïe de l'oreille interne ou du Nervus cochlearis, ou après un trauma cérébral
    - Antécédent chirurgical pour otosclérose
  - Personne ne tolérant pas de protection auditive, casque, ou casque avec système de communication intégral à cause d'une maladie du canal auditif ou du pavillon (p.ex. eczéma résistant au traitement)

- Personnes qui ne sont pas capable de supporter la pressurisation de l'oreille ou des sinus à cause d'une maladie chronique
- Personnes qui souffrent de maladies chroniques des parties externes de l'œil.
- Personnes répondant à un ou plusieurs aspects de la médecine interne ou performance suivants
  - Toute maladie du système cardio-circulatoire qui cause des réductions permanentes de la performance ou la capacité de régulation et qui, à long terme, limite la performance individuelle à PWC170 ou <3,0 W/kg [20] (spécifiquement maladie coronarienne, insuffisance cardiaque, hypertension pulmonaire, ou hypertension artérielle aigüe)
  - toute maladie du système respiratoire qui cause une réduction permanente de la performance ou la capacité de régulation qui, à long terme, limite la performance individuelle à PWC170 ou <3,0 W/kg [20] (spécifiquement maladie pulmonaire obstructive chronique (BPCO), maladies des tissus pulmonaires qui causent un trouble respiratoire restrictif, tout trouble d'échanges de gaz)
  - tout changement des globules rouges qui cause une réduction permanente de la performance à PWC170 ou <3,0 W/kg [20] (p.ex. anémie chronique indépendamment de sa cause). Toute maladie des globules rouges ou anomalie de l'hémoglobine qui peut décompenser soudainement en hypoxie. (p.ex. anémie à hématie falciforme)
  - Maladie de la peau ou des vaisseaux sanguins qui réduit la perfusion périphérique (risque de gelure !) ou personnes avec antécédent de gelure >1° dans leur historique.
  - Maladie significative des reins ou du système urinaire (p.ex. insuffisance III° ou IV° avec une filtration glomérulaire de 30 – 59 ml/min [6])
  - Maladie rhumatismale avec risque d'aggravation si exposition à un climat froid et tout toutes les stades sévères des maladies rhumatismales
  - toute maladie métabolique qui cause des réductions permanentes de la performance, de la vigilance, de l'équilibre ou de la coordination (p.ex. maladies de la glande thyroïde, parathyroïde, glande surrénale)
  - Diabète traités médicalement, spécifiquement si le patient à une tendance à l'hypoglycémie.
  - Personnes avec réactions d'intolérances à l'exposition au froid (p.ex. agglutines froides, urticaire au froid, hémoglobinurie au froid)
  - Réduction permanente de la force musculaire, flexibilité, ou toute perte fonctionnelle d'un membre causant une réduction permanente dans la réalisation des tâches attendues.
  - Troubles insomniaques non-traités (apnée du sommeil) si ils causent une réduction significative de la vigilance ou une hypertension pulmonaire.
  - Personnes avec immunité réduite tel que :
    - maladies chroniques ou infection de longue durée (p.ex. HIV) qui causent une réduction importante des défenses immunitaires.
    - Thérapie avec médicaments immunosuppresseur, médicament cytostatique, ou rayonnement ionisants
    - Eczéma chronique (résistant au traitement) des mains, qui peut réduire l'effet protecteur de la peau contre des agents infectieux.
  - Personnes avec maladies chroniques de la peau qui causent une augmentation de la sensibilité aux rayons UV.

### 1.4.2 Problèmes temporaires

Personnes avec troubles indiqués en 1.4.1, si une récupération complète ou suffisante peut être envisagée, p.ex.:

- Personnes ayant une activité physique en-dessous de 3.0 W/kg (PWC170) [20]: créer un plan d'entraînement, après examen médical de 6 – 12 mois selon la performance et la compliance de la personne.
- Personnes avec une anémie <11,0 g/dl, si une récupération à des valeurs normales peut être attendue
- réduction temporaire des défenses immunitaires (p.ex. durant un traitement temporaire aux corticoïdes à haute dose ou durant une maladie infectieuse sévère)

- Compliance à la pressurisation temporairement réduite (p.ex. durant une infection aigüe du système respiratoire supérieur)
- Personnes avec un indice de masse corporelle >28 ou un poids >90 kg (limite du treuil de l'hélicoptère incluant le poids du sauveteur, du patient et de l'équipement)
- Eczéma aigu des mains ou dermabrasion à large échelle, qui réduit momentanément l'effet protecteur de la peau contre les agents infectieux.
- Personnes qui dépassent les limites des tests de Romberg et de Fukuda comme indiqué ci-dessus. Examen annuel à tester pour une récupération possible. Après la quatrième année, aucune amélioration ne peut être attendue. La situation pré-décrite cause des problèmes permanents et la personne doit quitter le travail.
- Personnes avec maladie temporaire, qui rend impossible pour un moment l'utilisation de protections auditives, casques, ou casques avec système de communication intégré (p.ex. blessures de l'oreille externe, maladie aigüe du canal auditif ou des pavillons)
- Personnes qui ont pris temporairement des médicaments qui augmentent la sensibilité aux rayons UV.

#### 1.4.3 Pas de problèmes, si des prédispositions spécifiques sont réalisées

- défense immunitaire : si le trouble est moins important, un examen attentif devrait être fait, même si une activité future peut être acceptée (définition de procédures spécifiques préventives, si nécessaire). Une période de travail adapté jusqu'à réalisation d'un examen médical de contrôle est recommandée.
- Migraine (besoin spécifique d'avis, prévention ou traitement par médicament, si approprié)

#### 1.4.4 Pas de problèmes du tout

Toutes les autres personnes, aussi longtemps qu'il n'y a pas de restriction ou une interdiction légale (p.ex. femmes enceintes, jeunesse)

## 2 Suivi

### 2.1 Période jusqu'au nouvel examen

2.1.1 Premier examen de suivi : endéans les 6 mois après le début du travail.

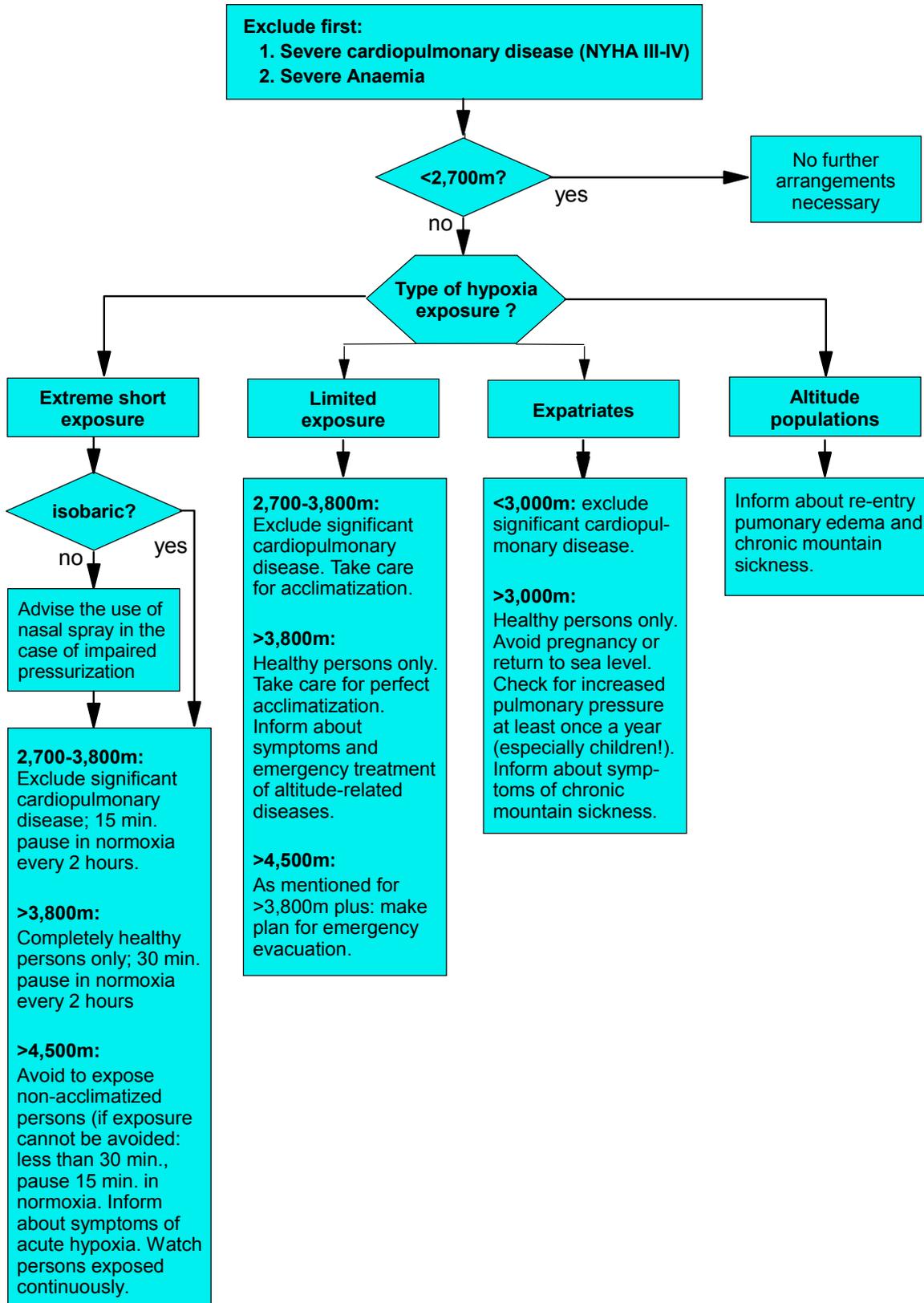
2.1.2 Examen de suivi ultérieur : annuel

2.1.3 Examen de contrôle précoce : pour une maladie avec une durée >4 semaines ou une maladie pouvant réduire significativement la performance du système cardio-pulmonaire ou du système musculaire périphérique, même si les travailleurs supposent une corrélation entre leurs symptômes et le travail.

### 3 Examen médical réalisé après la fin du travail

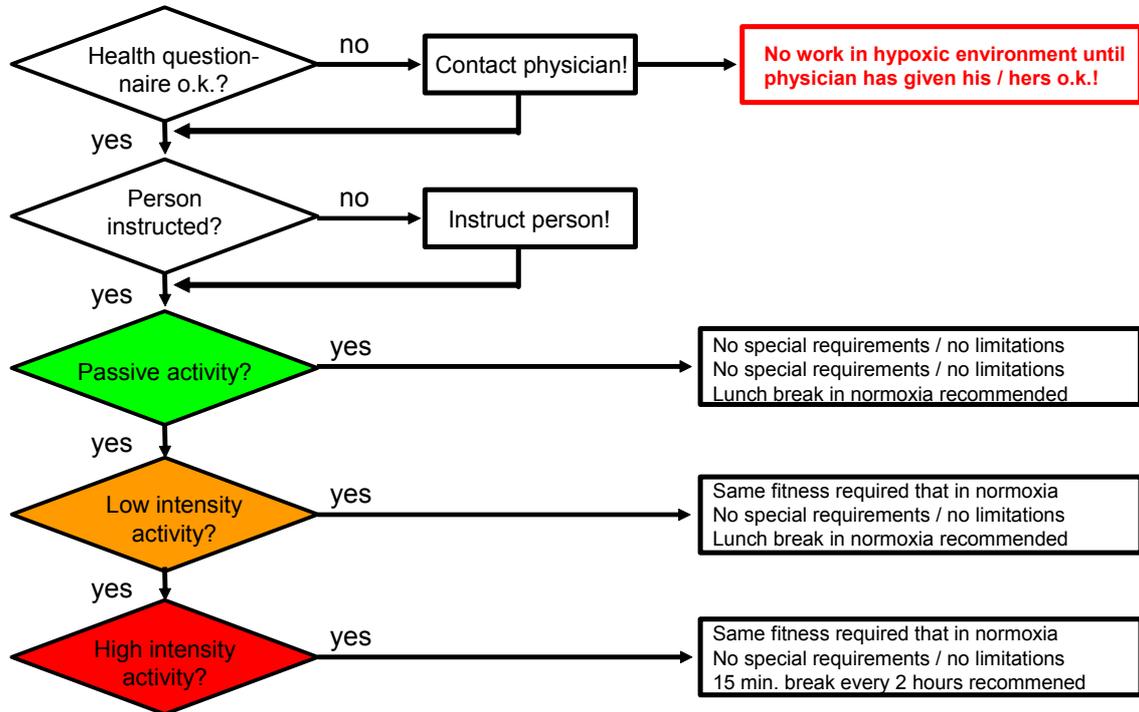
Dans un délai de 6 mois après la fin du travail, un examen sérologique pour l'hépatite B/C et HIV est recommandé.

**Annexe 2:** Algorithme de gestion de santé et de sécurité du travail pour le travail en hypoxie

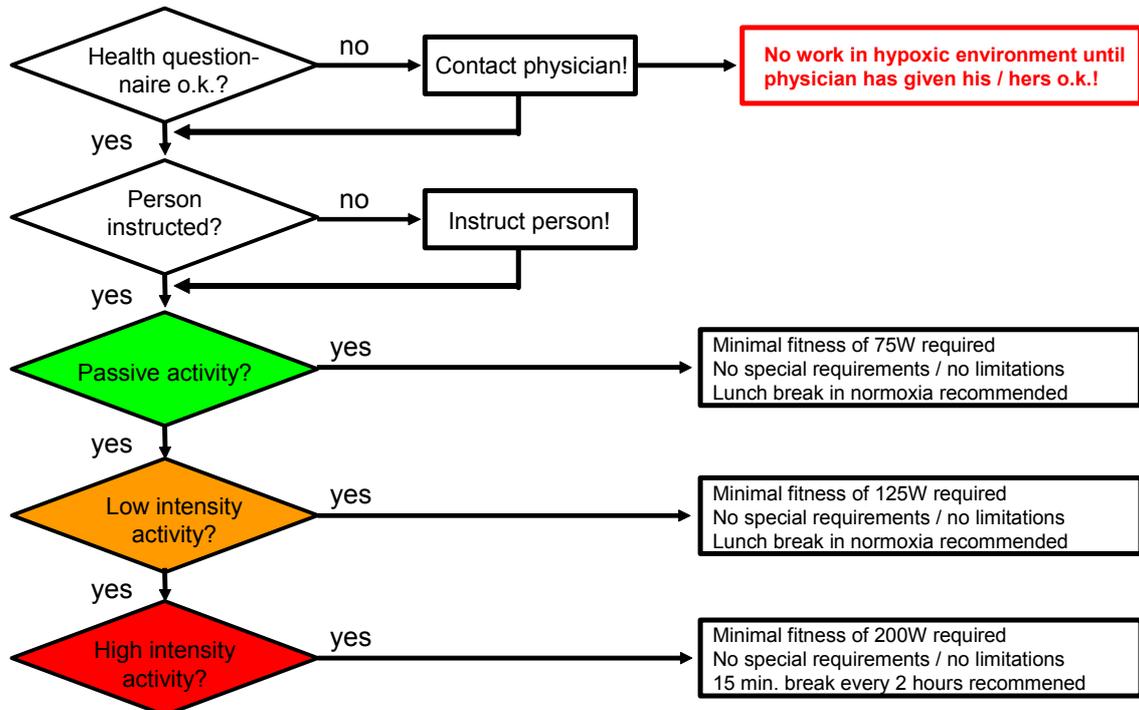


**Annexe 3: Algorithme simplifié pour la sécurité et la santé au travail selon les groupes de risques**

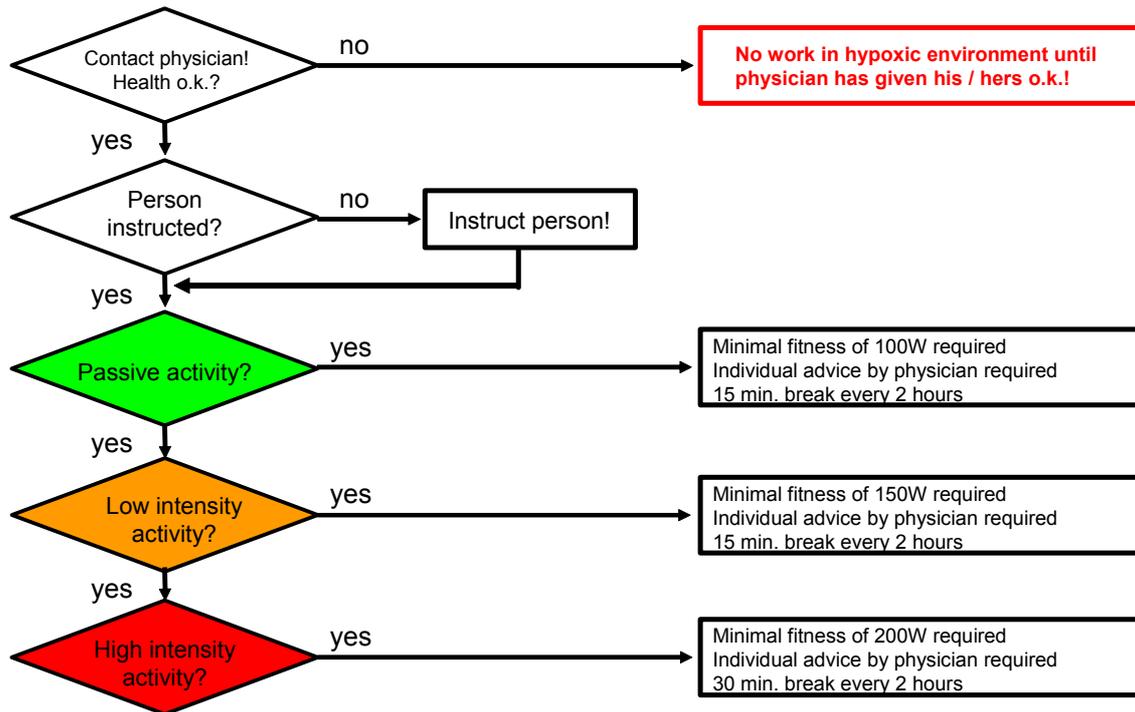
**Annexe 3.1: Classe 1 (≥17%; 0-1700m)**



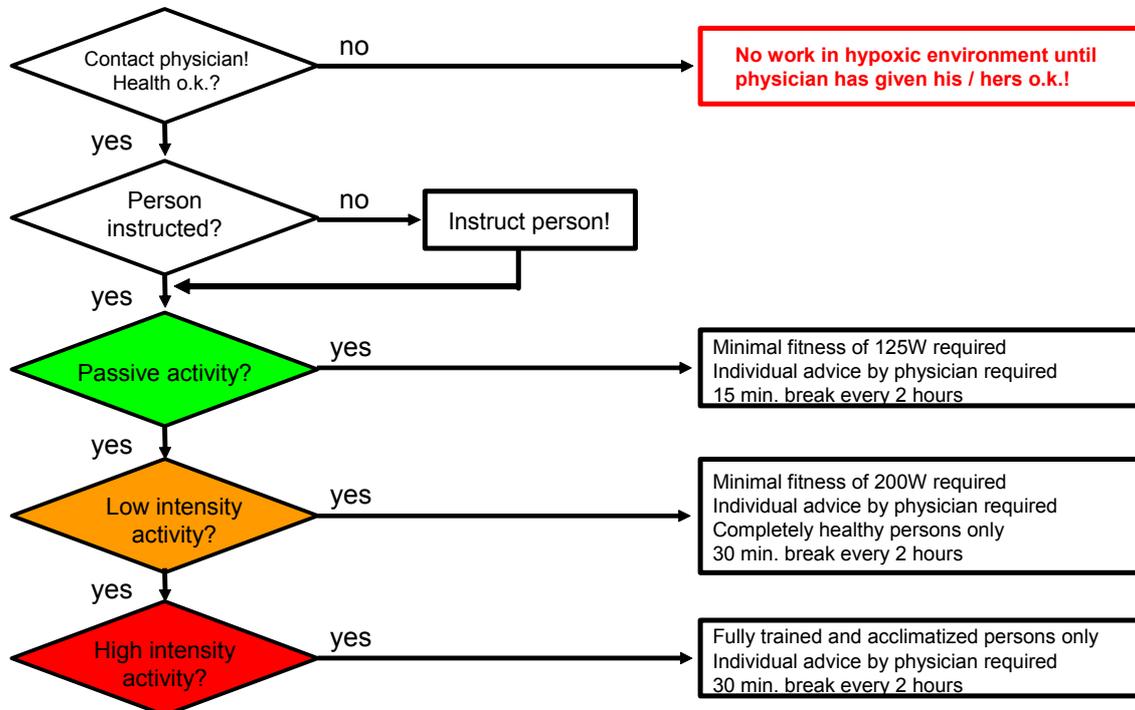
**Annexe 3.2: Class 2 (16.9 – 14.8%; 1700 – 2800m)**



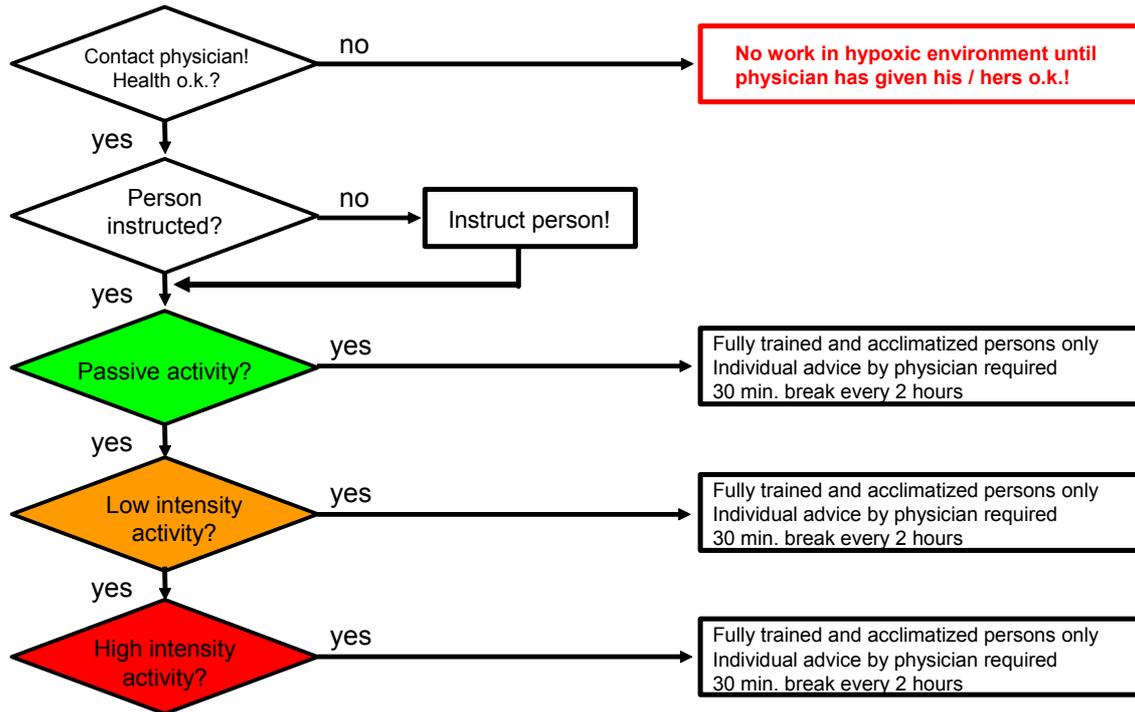
**Annexe 3.3: Classe 3 (14.7 – 13.0%; 2800 – 3800m)**



**Annexe 3.4: Class 4 (12.9 – 10.7%; 3800 – 5300m)**



**Annexe 3.5: Classe 5 (<10.7%; >5300m)**



**Annexe 4: New York Heart Association Classification des décompensations cardiaques (version mise à jour 1994) [51]**

Capacité Fonctionnelle	Evaluation objective
<b>Classe I.</b> Patients avec maladie cardiaque mais sans limitation de l'activité physique. L'activité physique ordinaire ne cause pas de fatigue indue, palpitation dyspnée ou douleur de poitrine.	<b>A.</b> Pas de preuve objective d'une maladie cardiovasculaire.
<b>Classe II.</b> Patients avec maladie cardiaque qui induit une légère limitation de l'activité physique. Pas de problème au repos. L'activité physique ordinaire est cause de fatigue, palpitation, dyspnée, et douleur de poitrine.	<b>B.</b> Preuve objective de maladie cardio-vasculaire minime.
<b>Classe III.</b> Patients avec maladie cardiaque qui induit une limitation de l'activité physique marquée. Pas de problème au repos. Une activité physique légère provoque fatigue, palpitations, dyspnée, ou douleur de poitrine.	<b>C.</b> Preuve objective de maladie cardio-vasculaire moyennement sévère.
<b>Classe IV.</b> Patients avec maladie cardiaque induisant l'incapacité de produire une activité physique sans inconfort. Les symptômes de défaillance cardiaque ou de syndrome angineux peuvent être présents même au repos. Si une activité physique est entreprise, l'inconfort augmente.	<b>D.</b> Preuve objective de maladie cardio-vasculaire sévère

## **Annexe 5: Guidelines du Groupe International pour la Protection des Porteur (IPPG)**

### **1. Charte éthique du trekking**

1. Des vêtements appropriés pour la saison et en fonction de l'altitude doivent être fournis aux porteurs pour se protéger du froid, de la pluie et de la neige. Ce qui signifie : veste et pantalon coupe-vent, veste polaire, sous-vêtements, chaussures appropriées (bottes en cuir dans la neige), chaussettes, chapeau, gants, lunettes de soleil.
2. Au-dessus de la limite forestière, les porteurs devraient pouvoir bénéficier d'un abri dédié, voir même une pièce dans un logement ou une tente (la tente utilisée pour le mess des trekkers ne peut convenir car non accessible avant la soirée), un tapis de sol ou une couverture (ou un sac de couchage). Ils doivent être approvisionnés en nourriture et boissons chaudes, ou équipés pour cuisiner y compris le carburant.
3. Les porteurs doivent pouvoir recevoir des soins médicaux répondant aux mêmes standards que ceux que vous désiriez recevoir. Ils doivent être couverts par une assurance vie.
4. Les porteurs ne devraient pas être renvoyés et rémunérés pour cause de maladie / blessure sans être minutieusement évalué par le leader ou les trekkers. La personne responsable des porteurs (sirdar) doit avertir le responsable de randonnée ou les randonneurs si un porteur doit être évacué. Un non respect de cette procédure a causé de multiples décès. Les porteurs malades ou blessés ne doivent jamais être renvoyés dans la vallée seuls, mais avec une personne qui parle leur langue et qui comprend son problème, ou avec une lettre décrivant leurs plaintes. Des fonds suffisants doivent être fournis pour couvrir le coût du sauvetage et du traitement.
5. Aucun porteur ne devrait porter une charge trop élevée pour leur capacité physique (maximum 20 kg au Kilimandjaro, 25 kg au Pérou et au Pakistan, 30 kg au Népal). La limite de poids doit être ajustée à l'altitude, à la trace et aux conditions climatiques; une expérience est nécessaire pour prendre cette décision.

### **2. Questions à poser aux compagnies de randonnée:**

1. La compagnie de randonnée que vous avez choisie suit-elle les 5 points du guide de l'IPPG sur la sécurité des porteurs?
2. Quel est leur politique concernant l'équipement et les soins de santé des porteurs?
3. Que font-ils pour s'assurer que le personnel encadrant le trek est correctement entraîné pour s'assurer du bien-être des porteurs ?
4. Quel est leur politique d'entraînement et de supervision de l'attention portée aux porteurs par leur opérateur au sol au Népal ?
5. S'interroge-t-il au sujet du traitement des porteurs dans leur enquête de satisfaction post trek adressée aux clients?

From: [www.ippg.net](http://www.ippg.net), accession date Aug. 3<sup>rd</sup>, 2008