

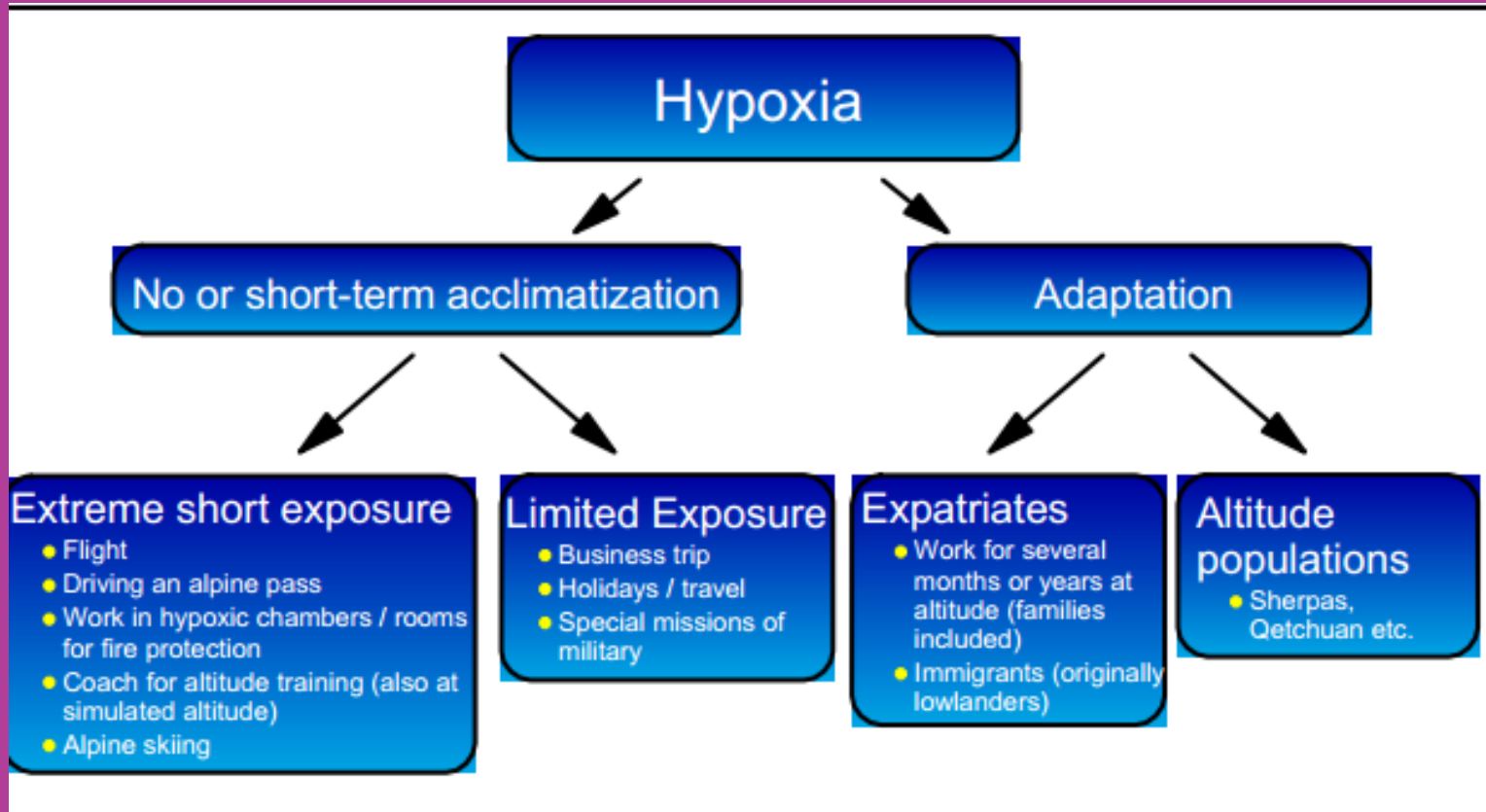
# ACTIVITES DE MAINTENANCE EN ATMOSPHERE APPAUVRIE EN OXYGENE

Dr Benoît CALCUS

Candidat Spécialiste en médecine du travail

**SECUREX**

# ACTIVITÉS PROFESSIONNELLES ET HYPOXIE

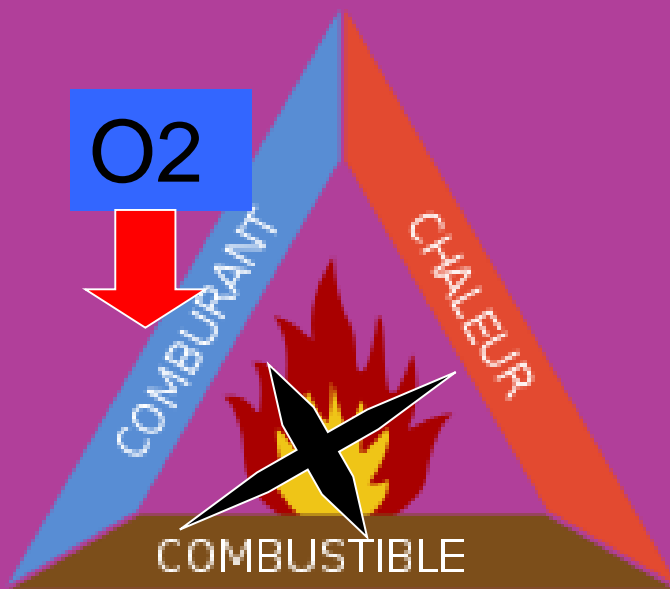


# QUEL EST LE CONTEXTE ?

- Le 1er mars 2009, un AR modifiant l'AR du 7 Juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire est paru au moniteur.
- Cet AR impose, pour tout nouveau bâtiment industriel, l'installation de sprinklers à partir du moment où la charge calorifique totale du bâtiment atteint 5700 GJ. Les sprinklers sont incompatibles avec des entrepôts congélateurs<sup>3</sup>, lesquels n'ont pas été pris en considération par le législateur.
- Pour obtenir l'autorisation d'exploiter, il faut obtenir une dérogation à l'annexe 6 de cet AR auprès du Ministère de l'Intérieur.
- Celui-ci la délivre sur base de l'avis de l'assureur en présentant un système au moins aussi efficace.

# ENTREPÔTS FRIGORIFIQUES: SPRINKLERS IMPOSSIBLES

- Les assureurs sont demandeurs pour une solution comme une atmosphère réduite en O<sub>2</sub> parce que d'une part on n'en a pas trouvé d'autre solution et d'autre part elle permet d'apporter un niveau de sécurité supérieur aux sprinklers. Au lieu d'éteindre un début d'incendie, elle empêche son apparition, en réduisant la quantité de comburant. Sous un seuil déterminé et spécifique à chaque matériau, le combustible ne peut s'enflammer. Les assureurs imposent aux entreprises le taux d'O<sub>2</sub> en fonction du type de combustible.



Matériau	Concentration limite d'oxygène (en % volume) en dessous de laquelle il ne se produit pas d'inflammation
Acétone	11
Ethanol	10
Hexanes	10,9
Poly(acrylonitrile/ butadiène/styrène) (ABS)	16,00
Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	15,90
Polypropylène (PP)	16,00
Polyéthylène (PE) haute densité	16,00
Polyéthylène (PE) basse densité	15,90
Polychlorure de vinyle (PVC)	16,90
Papier	15,00
Carton	15,50
Bois	16,00

## QUE VEUT DIRE UN TAUX DE 15% D'OXYGÈNE DANS LE FRIGO ?

- L'assureur veut que le taux le plus haut dans le frigo ne dépasse pas 16% d'oxygène
- Le maximum acceptable pour l'assureur
- Le travailleur lui serait exposé au taux le plus bas dans le frigo de 14% d'oxygène
- Le minimum pour le travailleur
- Le taux qui définira les décisions du médecin du travail

⊙ Atmosphère O<sub>2</sub> à 15%  
avec de sondes avec 1%  
de marge d'erreur

⊙ Atmosphère O<sub>2</sub> en  
réalité entre  
14% et 16%

⊙ Atmosphère O<sub>2</sub> à 16%  
avec de sondes avec  
0,1% de marge  
d'erreur

⊙ Atmosphère O<sub>2</sub> en  
réalité entre  
15,9% et 16,1%









# CONSÉQUENCES MÉDICALES DE L'HYPOXIE ?

## Physio

1. hyperventilation
2. une augmentation du rythme cardiaque
3. Une augmentation de la pression artérielle pulmonaire
4. La baisse de  $V_{O2}$  max sera de l'ordre de 7%-8%

La baisse de  $V_{O2}$  max sera de l'ordre de 5% par % d' $O_2$  perdu à partir de 17,5 % d' $O_2$

## Capacités

1. fatigabilité
2. le taux d'erreur lors de la réalisation de tâches visuelles, le temps de réaction et les erreurs de logique
3. Le contrôle de l'équilibre pourrait être également perturbé

## maladie

4. Le mal aigu des montagnes
5. Chronique ?????

# CORRESPONDANCE DE L'HYPOXIE AVEC L'ALTITUDE

Altitude	%O <sub>2</sub> , conditions isobariques	Pression Atmosphérique		pO <sub>2</sub>		Temps de conscience utile
		[mm Hg]	[hPa]	[mm Hg]	[hPa]	
[m]						
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.

# CORRESPONDANCE DE L'HYPOXIE AVEC L'ALTITUDE

34

*Les aspects physiologiques et psychologiques de la pratique de l'alpinisme*

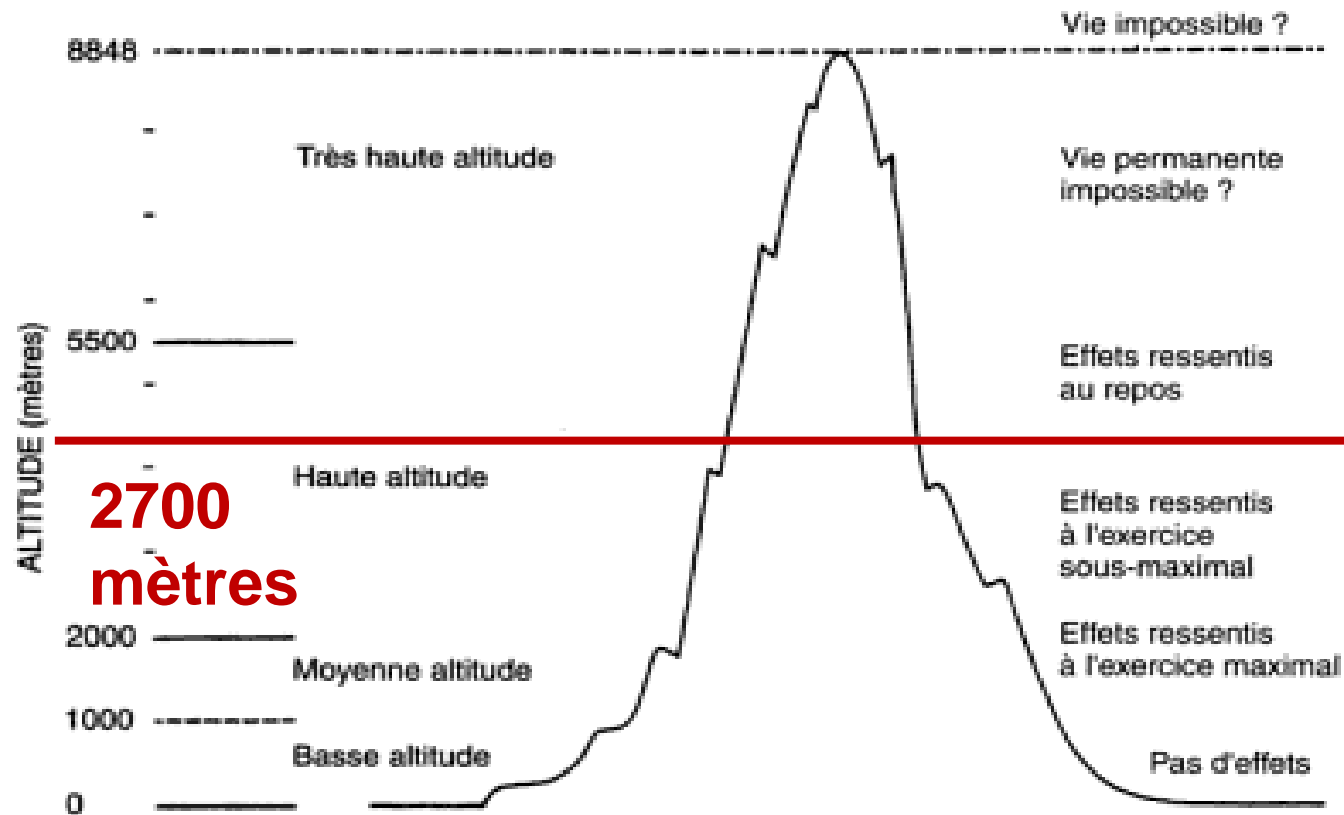


Fig. 4.1. — Définition biologique de l'altitude.

# RECOMMANDATIONS

## EN FONCTION DE L'ÉTAT DE SANTÉ

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)  Pas de risque d'hypoxie pour les personnes qui n'ont pas de maladie cardio-pulmonaire sévère ou d'anémie sévère
	2,600 – 3,800m		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)

**15%**

DECLARATION DE CONSENSUS DE LA COMMISSION MEDICALE  
UIAA VOL: 15 Travail en conditions hypoxiques

# RECOMMANDATIONS - EXAMEN MÉDICAL

% d'oxygène	IUAA	SUVA
>17%		
17% à 15%	Questionnaire + bilan ciblé	Bilan obligatoire
15% à 13%	Bilan obligatoire	Bilan obligatoire

Bilan:

- Cofo
- Spirométrie
- Examen cardiaque de repos et d'effort



# RECOMMANDATIONS EN FONCTION DE L'ÉTAT DE SANTÉ

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)  Pas de risque d'hypoxie pour les personnes qui n'ont pas de maladie cardio-pulmonaire sévère ou d'anémie sévère
	2,600 – 3,800m		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)

**15%**

DECLARATION DE CONSENSUS DE LA COMMISSION MEDICALE  
UIAA VOL: 15 Travail en conditions hypoxiques

# CONDITIONS MINIMALES DE SANTÉ ENTRE 17% ET 15% ?

- Capacité vitale 3 l
- FEV1 70%
- SaO2 85%
- pO2art. 70 mm Hg
- L'hémoglobine devrait être >10g/dl et le nombre d'érythrocytes >3 Million/ $\mu$ l

**15,6%**

Siedenburg, J, Kompendium Reisemedizin und Flugmedizin.  
6. Aufl. ed. 2009

- Capacité physique minimale?

# ACTIVITÉ PHYSIQUE MINIMALE

	Travail léger Inspection - supervision	Travail modéré	Travail difficile (avec port de charges lourdes)
> 17%			
17% à 15%	75 watts	125 watts	> 200 watts
15% à 13%	100 watts	150 watts	> 200 watts
< 13%	125 watts	> 200 watts	Personnes entraînées

Watts exécutés pour au moins 3 minutes, tapis roulant ou cyclo-ergométrie

DECLARATION DE CONSENSUS DE LA COMMISSION MEDICALE  
UIAA VOL: 15 Travail en conditions hypoxiques

# QUELS SONT LES MESURES À PRENDRE ET LEURS PRIORITÉS ?

## ◎ Prévention : limiter l'exposition

1. Pas de poste de travail permanent dans le frigo
2. Limitation du nombre d'intervention: faire un maximum hors du frigo
3. Limitation du temps d'intervention à 04h00 max par intervention - maximum 06h00 par jour - récupération de 30 Minutes entre 2 interventions si plus de 02h00.
4. Identification du problème pour adapter et limiter le temps d'intervention dans le frigo par le placement d'une caméra sur le VM.

# QUELS SONT LES MESURES À PRENDRE ET LEURS PRIORITÉS ?

- **Prévention : utiliser des moyens de protection collective**
  1. Poste de contrôle (poste de vigilance): alarmes - contrôle des véhicules - surveillance vidéo - communication radio
  2. Sondes de mesure dans le frigo d'une plus grande précision 0,1%



## PRÉVENTION : UTILISER DES MOYENS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

- ◎ Travail en solo ou en binôme :  
Emetteur-récepteur avec fonction homme mort
  
- ◎ EPI :
  1. **Hauteur:** harnais, chaussure de sécurité, casque
  2. **Froid:** combinaison, gants
  3. **Oxygène 16%:** oxygènemètre individuel
  4. **Luminosité:** lumière sur le casque

# LA QUESTION DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE ISOLANT (ARI)

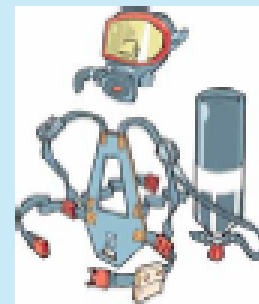
○ Efficacité:

Utilité: non à 16%, Utilisable: contrainte+++

○ Confort - bien-être - satisfaction

## • Les appareils respiratoires isolants (Oxygène<17%)

Les appareils isolants sont des masques alimentés en air respirable à partir d'une source d'air non contaminé (ou d'oxygène dans certains cas), rendant l'utilisateur indépendant de l'atmosphère environnante.



Appareil respiratoire isolant(ARI)

○ Par contre est prévu une petite bonbonne d'oxygène d'auto-sauvetage dans la cabine d'intervention.

# RECOMMANDATIONS DE LA SUVA-PRO

% d'oxygène	ARI	ARI d'autosauvetage et d'évacuation
21% à 17%	NON	NON
17% à 15%	NON	OUI
15% à 13%	Recommandé	OUI
< à 13%	Oui	OUI

# PREVENTION - ASPECT DE FORMATION

- Conseils par rapport à l'O2 à 16%:
  1. Apprendre les symptômes d'un MAM.
  2. Conseils généraux: hydratation correcte - éviter les repas trop copieux ou trop riches.
  3. Conseils restrictifs: en cas d'infections et de fièvre.

# PREVENTION - ASPECTS MÉDICAUX

Prévention  
primaire

- Questionnaire pour recherche des facteurs de risque par rapport à l'hypoxie et par rapport au MAM.
- Obligation d'une visite médicale de pré-embauche
- Utilité d'un test d'hypoxie comme en médecine d'altitude ?

Prévention  
secondaire

- Registre des expositions
- Suivi prospectif de la pression artérielle pulmonaire ?



Travailleur: NOM PRENOM

A1

le 06/06/2014

**Questionnaire des risques et paramètres des travailleurs de maintenance dans le frigo en atmosphère appauvrie en oxygène**

Répondez aux questions en cochant la case oui ou la case non

	OUI	NON
<b>risque hématologique</b>		
Un cas de maladie sanguine bénigne, de maladie sanguine génétique, d'anémie, de drépanocytose est-il connu dans votre famille ?	1	
Voire famille est-elle originaire du pourtour méditerranéen ?	2	
Souffrez-vous d'anémie ?	3	
Souffrez-vous de drépanocytose ?	4	
Souffrez-vous de thalassémie ?	5	

	OUI	NON
<b>risque de mal des montagnes</b>		
souffrez-vous de malades ?	6	
Avez-vous moins de 25 ans ?	7	
Avez-vous plus de 50 ans ?	8	
nausées/vomissements, dyspnée (difficultés à respirer), abattement de façon telle que vous vous sentiez malade ?	9	
Avez-vous eu lors de voyages en avion des maux de tête, nausées/vomissements, dyspnée (difficultés à respirer), abattement de façon telle que vous vous sentiez malade ?	10	

	OUI	NON
<b>risque pulmonaire</b>		
Avez-vous ou fumiez-vous ?	11	
Souffrez-vous de bronchite chronique ?	12	
Souffrez-vous ou avez-vous déjà souffert de pneumonie ?	13	
Souffrez-vous ou avez-vous déjà souffert d'asthme ?	14	
Avez-vous ou avez-vous déjà présenté de l'asthme à l'effort ?	15	

	OUI	NON
<b>risque neurologique</b>		
Savez-vous si vous avez une sténose de l'artère carotide ?	16	
Avez-vous eu un accident vasculaire cérébral ou un accident ischémique transitoire (accident vasculaire cérébral de courte durée) ?	17	
Y'a-t-il des antécédents familiaux d'hémorragie cérébrale, de rupture d'anévrisme ?	18	
Souffrez-vous d'épilepsie ?	19	
Avez-vous ou avez-vous déjà présenté des vertiges ou des troubles de l'équilibre ?	20	

	OUI	NON
<b>risque cardiaque</b>		
souffrez-vous d'hypertension artérielle ou d'une maladie du cœur (angine de poitrine, infarctus) ?	21	
souffrez-vous d'une insuffisance cardiaque ?	22	
souffrez-vous de troubles du rythme (palpitations ou battements de cœur rapide et irrégulier) ?	23	
Voire cholestérol est-il normal ?	24	
Y'a-t-il des antécédents familiaux d'infarctus du cœur, de thrombose chez votre père avant 55 ans ou chez votre mère avant 65 ans ?	25	

	OUI	NON
<b>risque perte de vigilance</b>		
souffrez-vous de diabète ?	26	
prenez-vous des somnifères ?	27	
prenez-vous des calmants ?	28	
prenez-vous des antihypertenseurs ?	29	
consommez-vous des boissons alcoolisées (vin, bière, spiritueux, alcool) tous les jours ?	30	

Les paramètres seront complétés par l'assistante :

paramètres		
sexe (h=0, f=1)	31	0
Age (année)	32	
taille (m)	33	
poids (kg)	34	
TA systolique (mm hg)	35	
TA diastolique (mm hg)	36	
pouls au repos (nombre de battement/minute)	37	

rempli sans rien omettre par

Travailleur: NOM PRENOM

# EXAMENS COMPLÉMENTAIRES

- Anamnèse spécifique
- Examen clinique général et ciblé
  
- COFO
- Spirométrie voir EFR avec
- Bilan cardiologique avec ou sans épreuve d'effort

# PATHOLOGIES AIGUES ET HYPOXIE

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 aigüe	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]

# CONCLUSIONS GÉNÉRALES

- L'hypoxie est une nouvelle contrainte qui est amenée à se développer
- L'hypoxie est globalement bien tolérée
- Sous 15% d'oxygène
  1. les travailleurs doivent être en bonne santé
  2. des examens complémentaires sont conseillés
  3. un appareil d'auto-sauvetage et d'évacuation est conseillé
- L'hypoxie est un risque supplémentaire qui s'ajoutent à d'autres (travail en hauteur - froid - obscurité -VM)

# CONCLUSIONS GÉNÉRALES

- Le « MAM » peut être évité en limitant le temps d'intervention < 4h00
- L'aptitude à l'hypoxie doit être évaluée en fonction de la charge physique du travail
- L'ARI obligatoire en dessous de 13% pose des problèmes d'utilisabilité pour des hypoxies moindres.