

# THESE

## POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE SPECIALITÉ MÉDECINE GÉNÉRALE

Présentée et soutenue publiquement  
par

**Jennifer HUNT**

Le 27 Mars 2017

**Etude observationnelle, transversale, monocentrique, de la  
prévalence de symptômes de mal aigu des montagnes corrélée à la  
saturation artérielle en oxygène nocturne chez les travailleurs  
effectuant des gardes de nuit à l'Aiguille du Midi (3 842m  
d'altitude)**

Directeur de thèse : Professeur Jean-Paul RICHALET

### JURY

Mr le Professeur RIVIERE Daniel	Président
Mr le Professeur RICHALET Jean-Paul	Assesseur
Mr le Docteur PILLARD Fabien	Assesseur
Mme le Docteur ESCOURROU Brigitte	Assesseur
Mr le Docteur RIVIERE Alain	Assesseur

**TABLEAU du PERSONNEL HU**  
**des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier**  
**au 1<sup>er</sup> septembre 2016**

**Professeurs Honoraires**

Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. BAZEX Jacques
Doyen Honoraire	M. LAZORTES Yves	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.
Professeur Honoraire	M. GEDEON André	Professeur Honoraire	M. GUITARD Jacques
Professeur Honoraire	M. PASQUIE M.	Professeur Honoraire	M. LAZORTES Franck
Professeur Honoraire	M. RIBAUT Louis	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques	Professeur Honoraire	M. CERENE Alain
Professeur Honoraire	M. RIBET André	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard
Professeur Honoraire	M. MONROZIES M.	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. FAUVEL Jean-Marie
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. FRIXINOS Jacques
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. BARRET André
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges
Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude	Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique
Professeur Honoraire	M. REGIS Henri	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. RAILHAC
Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. BESOMBES Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean
Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel	Professeur Honoraire	M. FORTANIER Gilles
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. BOUNHORE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre
Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. PASCAL J.P.	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul	Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard
Professeur Honoraire	M. CABARROT Etienne	Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. ESCAT Jean		
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel		
Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques		
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard		

**Professeurs Émérites**

Professeur ALBAREDE Jean-Louis	Professeur CHAMONTIN Bernard
Professeur CONTÉ Jean	Professeur SALVAYRE Bernard
Professeur MURAT	Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur MANELFE Claude	Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur LOUVET P.	Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur SARRAMON Jean-Pierre	
Professeur CARATERO Claude	
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	
Professeur COSTAGLIOLA Michel	
Professeur ADER Jean-Louis	
Professeur LAZORTES Yves	
Professeur LARENG Louis	
Professeur JOFFRE Francis	
Professeur BONEU Bernard	
Professeur DABERNAT Henri	
Professeur BOCCALON Henri	
Professeur MAZIERES Bernard	
Professeur ARLET-SUAU Elisabeth	
Professeur SIMON Jacques	
Professeur FRAYSSE Bernard	
Professeur ARBUS Louis	

# FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN

37 allées Jules Guesde - 31062 TOULOUSE Cedex

Doyen : D. CARRIE

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe		P.U. - P.H. 2ème classe	
M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne
M. AMAR Jacques	Thérapeutique	M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. BUREAU Christophe	Hépatogastro-Entéro
M. AVET-LOISEAU Hervé	Hématologie, transfusion	M. CALVAS Patrick	Génétique
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)	Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. BONNEVILLE Paul	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	M. CHAIX Yves	Pédiatrie
M. BOSSAVY Jean-Pierre	Chirurgie Vasculaire	M. CHARPENTIER Sandrine	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. BRASSAT David	Neurologie	M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. FOURNIE Bernard	Rhumatologie
M. CHAP Hugues (C.E)	Biochimie	M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	M. GAME Xavier	Urologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation
M. CLANET Michel (C.E)	Neurologie	M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	M. LAUWERS Frédéric	Anatomie
M. DEGUINE Olivier	Oto-rhino-laryngologie	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. LOPEZ Raphael	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
M. FERRIERES Jean	Epidémiologie, Santé Publique	M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
Mme LAMANT Laurence	Anatomie Pathologique	M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale	M. PATHAK Atul	Pharmacologie
M. LANGIN Dominique	Nutrition	M. PAYRASTRE Bernard	Hématologie
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine Interne	M. PERON Jean-Marie	Hépatogastro-Entérologie
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie	M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. MALAUDAUD Bernard	Urologie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. MARCHOU Bruno	Maladies Infectieuses	Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques
M. MAZIERES Julien	Pneumologie	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique		
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie		
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie		
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie		
M. OLIVES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie		
M. OSWALD Eric	Bactériologie-Virologie		
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie		
M. PARINAUD Jean	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PAUL Carle	Dermatologie		
M. PAYOUX Pierre	Biophysique	<b>P.U. Médecine générale</b>	
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie	M. OUSTRIC Stéphane	Médecine Générale
M. RASCOL Olivier	Pharmacologie	M. MESTHÉ Pierre	Médecine Générale
M. RECHER Christian	Hématologie		
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie		
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY Jérôme	Chirurgie Infantile		
M. SALLES Jean-Pierre	Pédiatrie		
M. SANS Nicolas	Radiologie		
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON Norbert	Médecine Légale		
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépatogastro-Entérologie		

Professeur Associé de Médecine Générale  
POUTRAIN Jean-Christophe

**FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL**

133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex

**Doyen : E. SERRANO**

<b>P.U. - P.H.</b> Classe Exceptionnelle et 1ère classe		<b>P.U. - P.H.</b> 2ème classe	
M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile
M. ALRIC Laurent	Médecine Interne	M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. ARLET Philippe (C.E)	Médecine Interne	M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
M. BOUTAULT Franck (C.E)	Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie	M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie	M. CHAYNES Patrick	Anatomie
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. BUSCAIL Louis	Hépto-Gastro-Entérologie	M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	Mme DULY-BOUHANICK Béatrice	Thérapeutique
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	M. GALINIER Philippe	Chirurgie Infantile
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. COURBON Frédéric	Biophysique	Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie	M. HUYGHE Eric	Urologie
M. DELBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	M. LAFFOSSE Jean-Michel	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. DELABESSE Eric	Hématologie	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
Mme DELISLE Marie-Bernadette (C.E)	Anatomie Pathologie	M. LEGUEVAQUE Pierre	Chirurgie Générale et Gynécologique
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	Mme MAZEREUW Juliette	Dermatologie
M. GALINIER Michel	Cardiologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie	M. OTAL Philippe	Radiologie
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prévention	M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis	Chirurgie plastique	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	M. TACK Ivan	Physiologie
Mme HANAIRE Héléne (C.E)	Endocrinologie	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. KAMAR Nassim	Néphrologie	M. YSEBAERT Loic	Hématologie
M. LARRUE Vincent	Neurologie		
M. LAURENT Guy (C.E)	Hématologie		
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie		
M. MALECAZE François (C.E)	Ophtalmologie		
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation		
Mme MARTY Nicole	Bactériologie Virologie Hygiène		
M. MASSIP Patrice (C.E)	Maladies Infectieuses		
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation		
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile		
M. RITZ Patrick	Nutrition		
M. ROCHE Henri (C.E)	Cancérologie		
M. ROLLAND Yves	Gériatrie		
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale		
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique		
M. VAYSSIÈRE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		

**M.C.U. - P.H.**

M. APOIL Pol Andre	Immunologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie
M. BIETH Eric	Génétique
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie
M. CAVAIGNAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
Mme CONCINA Dominique	Anesthésie-Réanimation
M. CONGY Nicolas	Immunologie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie
Mme DE MAS Véronique	Hématologie
Mme DELMAS Catherine	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DUPUI Philippe	Physiologie
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie
M. GANTET Pierre	Biophysique
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
M. HAMDJ Safouane	Biochimie
Mme HITZEL Anne	Biophysique
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition
M. MONTOYA Richard	Physiologie
Mme MOREAU Marion	Physiologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. SOLER Vincent	Ophthalmologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique
M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme TREMOLLIÈRES Florence	Biologie du développement
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie

**M.C.U. Médecine générale**

M. BRILLAC Thierry

**M.C.U. - P.H**

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
M. CHASSAING Nicolas	Génétique
Mme CLAVE Danielle	Bactériologie Virologie
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme COLLIN Laetitia	Cytologie
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
M. CORRE Jill	Hématologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. GASQ David	Physiologie
Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme MAUPAS Française	Biochimie
M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme PERIQUET Brigitte	Nutrition
Mme PRADDAUDE Française	Physiologie
M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
Mme VALLET Marion	Physiologie
M. VERGEZ François	Hématologie
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie

**M.C.U. Médecine générale**

M. BISMUTH Michel	Médecine Générale
M. BISMUTH Serge	Médecine Générale
Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	Médecine Générale
Mme ESCOURROU Brigitte	Médecine Générale

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr ABITTEBOUL Yves  
Dr CHICOULAA Bruno  
Dr IRI-DELAHAYE Motoko  
Dr FREYENS Anne

Dr BOYER Pierre  
Dr ANE Serge  
Dr BIREBENT Jordan

## ABRÉVIATIONS

AINS : Anti-inflammatoire non-stéroïdien

EPO : Erythropoïétine

FC : Fréquence cardiaque

HIF : Hypoxia inducible factors

IMC : Indice de masse corporelle

MAM : Mal aigu des montagnes

PpO<sub>2</sub> : Pressin partielle d'oxygène

O<sub>2</sub> : Di-oxygène

OCHA : Oedème cérébral de haute altitude

OPHA : Oedème pulmonaire de haute altitude

SaO<sub>2</sub> : Saturation artérielle en oxygène

SHAI : Severe High Altitude II

SMR : Surveillance médicale renforcée

UIAA : Union internationale des associations d'alpinisme

## REMERCIEMENTS

*A notre président du jury*

**Monsieur le Professeur Rivière,**

Professeur des Universités,

Praticien Hospitalier

Chef de Service d'Exploration de la Fonction Respiratoire et de Médecine du sport,

Vous nous faites l'immense honneur d'avoir accepté de juger notre travail et de présider ce jury. Merci de nous apporter votre précieux avis d'expert.

Nous vous remercions également de nous avoir accompagné pendant tant d'années au cours de notre formation médicale à Toulouse, tant par l'enseignement dispensé, qu'au cours de stages ou de travaux personnels.

Soyez assuré de notre profond respect et admiration.

*A notre jury,*

**Monsieur le Docteur Fabien PILLARD**

Maître de Conférence Universitaire,

Praticien Hospitalier,

Service d'Exploration de la Fonction Respiratoire et de Médecine du Sport,

Merci pour l'honneur et la gentillesse dont vous nous faites part en ayant accepté de siéger au jury de notre thèse. Pouvoir parler avec vous de ce sujet, que vous connaissez bien, est un privilège.

**Madame le Docteur Brigitte ESCOURROU**

Maître de conférence Universitaire de médecine générale,

Médecin Généraliste,

Merci de l'honneur que vous nous faites d'avoir accepté de siéger à ce jury.

Merci de votre passion pour la médecine générale, de votre dévouement auprès des internes de médecine générale et de votre gentillesse tout au long de notre parcours.

**Monsieur le Docteur Alain RIVIERE**

Maître de stage universitaire

Médecin Généraliste,

Après m'avoir fait l'honneur de m'accueillir en stage en tant qu'interne, tu as eu la gentillesse d'accepter de participer à mon jury et j'en suis honorée. Tu as su me montrer et me transmettre ta passion pour notre métier et ses valeurs, ton humanité inconditionnelle envers tes patients et ta curiosité infinie pour toutes les sciences qui viennent à ta connaissance. Merci pour ce précieux compagnonnage, merci pour ta disponibilité pendant mon stage et après, merci pour tes conseils et discussions sur des thèmes divers et variés, merci pour ton amitié. C'est un honneur de t'avoir parmi les membre de mon jury de thèse, j'espère que tu y verras une marque de ma reconnaissance et de mon profond respect.

*A mon directeur de thèse,*

**Monsieur le Professeur Jean-Paul RICHALET,**

Professeur des Universités,

Praticien Hospitalier,

Chef de service aux Explorations fonctionnelles,

Vous m'avez formé en médecine de montagne et m'avez fait confiance en me proposant ce sujet et en acceptant de diriger ma thèse, malgré la distance. Vous m'avez accompagné tout au long de ce travail pour enfin me faire l'honneur de siéger dans mon jury de thèse (encore une fois, malgré la distance). Je tiens à vous remercier chaleureusement pour votre disponibilité, votre gentillesse, votre patience, votre soutien et vos précieux conseils qui m'ont permis d'en arriver là, et bien sûr, d'avoir pris le temps de partager vos riches compétences dans ce domaine qui m'était inconnu. Votre travail dans le domaine de la médecine de montagne est reconnu mondialement, c'était un privilège et un plaisir de travailler à vos côtés. Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

*A l'équipe de Chamonix,*

*Au Dr GUICHEBARON, médecin du travail, qui nous a présenté son travail de suivi des employés et permis de travailler avec ses patients. Vous avez contribué à l'élaboration de ce sujet de thèse grâce à votre travail et questionnements. Vous avez été l'intermédiaire avec la Compagnie du Mont Blanc, ainsi que les employés, et avez donc été essentiel pour la concrétisation et la mise en place du protocole. Sans vous cette thèse n'aurait été possible et je vous en remercie.*

*A Paul ROBACH, chargé de recherche à l'ENSA, qui a largement contribué à l'élaboration du sujet de cette thèse ainsi qu'à l'organisation et à la coordination de cette étude, tant à l'Aiguille du midi qu'à Chamonix. Merci pour ta disponibilité, ta gentillesse, ton accueil et ton aide.*

*A Guillaume SECHAUD et Pierluigi BANCO, vous avez été d'une aide précieuse et essentielle pour la récolte des données de cette étude. Merci pour le temps que vous y avez passé, pour la qualité de votre travail, et merci de m'avoir accueilli sans hésiter lors de vos nuits de travail à l'Aiguille du midi.*

*Merci à tous les autres intervenants qui m'ont aidé au cours de cette étude, notamment à l'ENSA, et à l'Aiguille du midi. Merci à tous les employés qui ont été volontaires pour participer à cette étude.*

*A ma mère*, qui m'a toujours soutenue avec enthousiasme quels que soient mes choix professionnels farfelus, qui a mis un point d'honneur à ce que mon métier, quel qu'il soit, me plaise, et qui m'a toujours montré son amour inconditionnel de maman. Tu es une des personnes les plus gentilles et souriantes que je connaisse, et j'espère que ce travail, l'aboutissement de toutes ces années d'études, te rendra un peu de tout ce que tu as pu me donner.

*A mon grand frère* qui, malgré la distance physique qui nous sépare depuis un certain temps, est toujours resté proche. Tu as toujours été le grand de la famille, et tu es pour moi une référence dans mes choix et mes réflexions. Merci d'avoir toujours cherché à me protéger et me soutenir quand j'en avais besoin. Ton intelligence et ta répartie (et l'humour qui en découle) sont pour moi source d'humilité. Merci d'avoir été là, je suis fière de toi.

*A Camille et Marie*, mes compagnons de galère, mes co-internes, mes voisines d'internat et mes plus belles rencontres durant mon internat. Merci pour votre soutien inconditionnel, votre disponibilité sans faille, votre bienveillance, vos conseils, et votre amitié qui s'étend depuis longtemps bien au-delà de notre vie de médecins. Les moments passés ensemble, les rires et les pleurs, sont pour moi les plus précieux souvenirs de ces dernières années.

*A Agnès*, qui est à mes côtés depuis le début de cette aventure, qui m'a appris tellement de choses sur l'humilité, le travail, le respect, l'attention pour les autres, et surtout l'altruisme. Tu as été notre « maman » par ta douceur et ton attitude toujours bienveillante. Tu nous as tous inspiré le respect par ton parcours, sans jamais négliger ta famille. Et surtout, t'es devenue une amie importante, toujours présente.

*A mon Lolo*, ancien collègue (!), devenu tellement plus. Tu as été un de mes piliers pendant cet internat, au quotidien. Nous avons grandi ensemble ces dernières années, traversé de nombreux moments de doutes, sur la vie professionnelle, sur la vie privée, mais surtout nous avons passé et partagé beaucoup de moments de rires et de bonheur que je n'oublierais jamais. Tu m'as accueilli sans hésiter dans ta famille, qui est un peu devenue mienne. Tu m'as donné ta

confiance profonde, et je sais à quel point c'est une marque de respect. Tu m'as réappris ce qu'était l'amitié. Merci pour tout, je te souhaite le meilleur.

*A Jérôme*, mon autre moitié, je ne sais comment te remercier et te dire tout ce qu'il y a à dire dans un petit paragraphe. Tu es devenu mon ami, mon confident, mon partenaire de vie et tellement plus. On partageait tellement avant même de se rencontrer qu'il aurait été faux que cela ne soit pas arrivé. Tu es mon inconditionnel, et je suis fière de partager et d'envisager nos projets ensemble. Merci pour tout. (JH)<sup>2</sup>

Je ne peux remercier dignement toutes les personnes qu'il y aurait à remercier. J'espère que c'est au quotidien que vous vous rendrez compte de ma profonde gratitude.

*A mon père*

<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
1.1. HYPOXIE ET SANTE .....	1
1.1.1. Physiologie en milieu hypoxique.....	1
1.1.2. Le sommeil en altitude.....	3
1.1.3. Physiopathologie et score d'évaluation .....	4
1.1.4. Les facteurs de risque.....	4
1.1.5. Prévention et consultation de médecine de montagne .....	6
1.2. CONTEXTE DE L'ETUDE.....	8
1.2.1. Le travail en hypoxie .....	8
1.2.2. Loi du travail.....	9
1.2.3. Les normes et recommandations existantes .....	9
1.2.4. Objectif de l'étude.....	12
<b>II. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>15</b>
2.1. TYPE D'ETUDE .....	15
2.2. OBJECTIF DE L'ETUDE .....	15
2.3. POPULATION ETUDIEE .....	15
2.4. CRITERES D'EVALUATION .....	15
2.5. DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	16
2.6. CONSIDERATIONS ETHIQUES .....	17
2.7. MODALITES DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE .....	18
2.8. ANALYSE STATISTIQUE .....	18
<b>III. RESULTATS.....</b>	<b>19</b>
3.1. LES INCLUSIONS.....	19
3.2. LA POPULATION .....	20
3.2.1. Caractéristiques générales.....	20
3.2.2. Modes de vie et santé.....	21
3.2.3. Antécédents de Mal Aigu des Montagnes .....	23
3.3. LE SCORE DE LAKE LOUISE.....	23
3.4. CONTEXTE DE TRAVAIL.....	24
3.5. LES VARIABLES PHYSIOLOGIQUES.....	27
<b>IV. LIMITES ET BIAIS DE L'ETUDE.....</b>	<b>29</b>
<b>V. DISCUSSION .....</b>	<b>30</b>
5.1. PREVALENCE DU MAL AIGU DES MONTAGNES .....	30
5.2. CARACTERISTIQUES DES EMPLOYES ET MAL AIGU DES MONTAGNES .....	31
5.3. CARACTERISTIQUES DU POSTE ET MAL AIGU DES MONTAGNES .....	34
5.4. VARIABLES PHYSIOLOGIQUES ET MAL AIGU DES MONTAGNES .....	34
<b>VI. CONCLUSION .....</b>	<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>39</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURES ET TABLES.....</b>	<b>49</b>

# I. INTRODUCTION

## 1.1. Hypoxie et santé

### 1.1.1. Physiologie en milieu hypoxique

La pression atmosphérique diminue avec la montée en altitude de façon exponentielle. Si la composition de l'air ne varie pas (le pourcentage en O<sub>2</sub> reste stable à 20,93%), la pression partielle de l'oxygène va diminuer parallèlement à la diminution de la pression atmosphérique de sorte qu'au sommet de l'Everest (8848m) elle n'est plus qu'à un tiers de sa valeur au niveau de la mer (Figure 1). La pression artérielle en oxygène diminue donc, entraînant une hypoxie hypobare dans ces milieux naturels (environ 30mmHg au repos au sommet de l'Everest). Il existe par ailleurs des milieux non naturels (dont des milieux professionnels), où la pression partielle en oxygène va être diminuée de manière artificielle (volontairement ou non), sans modification de la pression atmosphérique. On parlera alors d'hypoxie normobare.

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

Figure 1 Pression partielle d'O<sub>2</sub> et équivalent en % d'oxygène en fonction de l'altitude. Source : Küpper et al. 2012

Les milieux hypoxiques imposent une contrainte importante à l'organisme puisqu'ils le privent partiellement de sa source d'énergie primaire : l'oxygène. En effet, la baisse de la

pression partielle a un effet immédiat sur la saturation de l'hémoglobine en oxygène (Annexe 1 : courbe de dissociation de l'hémoglobine). Ce manque d'oxygène induit un ensemble de modifications physiologiques adaptatives de manière à maintenir une oxygénation suffisante des tissus pour assurer un fonctionnement normal : c'est l'acclimatation, qui est réversible lors du retour en milieu normoxique. Il existe différents types d'hypoxies qui engendreront des réactions physiologiques différentes.

L'exposition aiguë à l'hypoxie (de quelques minutes à quelques heures) provoque une réaction immédiate ayant pour point de départ des chémorécepteurs. Les chémorécepteurs périphériques, situés dans la paroi des carotides, sont capables de détecter la baisse d'oxygène dans le sang artériel et de stimuler la ventilation en conséquence. Les chémorécepteurs centraux, situés dans le bulbe rachidien, sont eux sensibles au pH du liquide céphalo-rachidien. L'hyperventilation entraîne une hypocapnie, puis une alcalose. Face à cette alcalose les chémorécepteurs centraux vont inhiber l'hyperventilation (limitant la réponse respiratoire) et la courbe de dissociation de l'hémoglobine va être déplacée vers la gauche (affinité augmentée). Par ailleurs on voit apparaître une stimulation du système adrénergique induisant une tachycardie<sup>53</sup>. Au total, l'hypoxie va induire (entre autres) une tachycardie et une hyperventilation permettant d'augmenter l'apport d'oxygène des poumons vers les mitochondries, compensant partiellement la diminution de l'oxygène dans l'air inspiré. Aucun effet sur la pression artérielle systémique n'a été observé, cependant l'hypoxie provoque une hypertension artérielle pulmonaire dès les premières minutes d'exposition, qui va se stabiliser après environ 24h<sup>7</sup>. On peut noter qu'il existe une variabilité inter-individuelle de la sensibilité des chémorécepteurs qui détermine l'intensité de la réponse et la capacité d'un individu à s'adapter à la baisse d'oxygène dans le sang.

Si l'exposition persiste plusieurs jours (hypoxie prolongée), elle va activer des facteurs de transcription connus sous le nom de « hypoxia inducible factors (HIF) ». Ces facteurs vont stimuler un ensemble de processus visant à lutter contre l'hypoxie. L'érythropoïèse, par exemple, va être majorée par une augmentation de la sécrétion d'érythropoïétine (EPO) par les reins, stimulée par HIF1. La sécrétion d'EPO va augmenter dans les heures suivant l'exposition à l'hypoxie pour atteindre un maximum en 24 à 48 heures<sup>15</sup>. Les réticulocytes seront augmentés dans les 4 à 5 jours suivants. On va ainsi voir apparaître une polyglobulie qui permettra d'augmenter le transport sanguin d'oxygène tout en diminuant la fréquence cardiaque. Cet état est plus économique sur le plan énergétique pour l'organisme. L'alcalose induite par l'hyperventilation est partiellement compensée au bout de quelques jours et, couplée à la polyglobulie et aux modifications intraérythrocytaires, la courbe de dissociation de

l'hémoglobine chez une personne acclimatée est finalement peu déplacée par rapport à son état en normoxie<sup>52</sup>. Au bout de quelques jours d'exposition il y a une désensibilisation des récepteurs  $\beta$ -adrénergiques induite par la stimulation adrénergique prolongée. Ce mécanisme va limiter l'apport d'oxygène en périphérie, mais protège le myocarde en limitant ses dépenses énergétiques<sup>53</sup>.

L'hypoxie intermittente apparaît dans des contextes professionnels particuliers (cas des mineurs chiliens qui travaillent pendant une semaine en altitude puis se reposent une semaine au niveau de la mer ou des professionnels effectuant des gardes en altitude comme ceux dans cette étude). On pourrait considérer les patients atteints de syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil comme également exposés à une hypoxie intermittente. Mais des études dans les deux contextes ne rapportent pas les mêmes effets sur la santé des personnes exposées.

### 1.1.2. Le sommeil en altitude

Dès 3500m des perturbations du sommeil ont été remarqué, en particulier une augmentation de la latence d'endormissement, une modification de la structure du sommeil (moins de sommeil lent profond) et des réveils intercurrents augmentés<sup>18, 40, 52, 63</sup>.

Au niveau de la mer, la respiration périodique nocturne, qui se traduit par quelques épisodes d'apnée se greffant sur un rythme respiratoire régulier, survient habituellement au cours de la phase d'endormissement. En altitude apparaît une ventilation périodique type Cheyne-Stokes, chez tous les individus, qui survient tout au long du sommeil et d'autant plus fréquemment que l'altitude atteinte est plus élevée<sup>66</sup>. Elle est plus ou moins marquée selon les individus. Non seulement elle perturbe le sommeil par des réveils fréquents, accompagnés de sensations de suffocation, mais elle entraîne également, après chaque phase d'apnée (qui peut durer jusqu'à 20 secondes), une hypoxémie relativement importante sur des périodes courtes mais répétées : à 6 300 mètres, les sujets passent la moitié de leur temps de sommeil avec un taux de saturation de l'hémoglobine en oxygène qui n'est en moyenne que de 69%<sup>58</sup>. Il y aurait une corrélation entre le nombre d'épisodes de respiration périodique nocturne, l'intensité de la réponse ventilatoire à l'hypoxie et la susceptibilité à l'oedème pulmonaire de haute altitude (OPHA)<sup>52</sup>.

L'acclimatation ne semble modifier ni l'incidence ni la durée des cycles de respiration périodique nocturne. Par contre, celle-ci est atténuée par la prise d'acétazolamide qui stimule les centres respiratoires<sup>32</sup>.

### 1.1.3. Physiopathologie et score d'évaluation

L'adaptation à l'hypoxie peut être imparfaite engendrant des pathologies liées à la haute altitude<sup>20</sup>. Parmi ces pathologies on retrouve principalement le mal aigu des montagnes (MAM), qui regroupe un ensemble des symptômes cliniques bénins et fréquents, qui apparaît quelques heures après l'exposition à l'hypoxie et peut persister plusieurs jours tant que l'hypoxie est maintenue. Les symptômes les plus fréquents sont : des céphalées, des symptômes digestifs (anorexie, nausées et vomissements), une perte d'appétit, une fatigue et des troubles du sommeil. Des formes plus graves, mais plus rares, de pathologies liées à l'altitude existent et sont regroupés sous le terme de « SHAI » (*Severe High Altitude Illnesses*). On y retrouve l'œdème pulmonaire de haute altitude (OPHA), l'œdème cérébral de haute altitude (OCHA) et le mal aigu des montagnes sévère.

Plusieurs scores existent pour évaluer et classer la sévérité des symptômes qui peuvent apparaître suite à une montée en altitude. Jusqu'en 1991, le questionnaire "ESQ-III" était le score de référence. Cependant, bien qu'il eût été un outil fiable pour la recherche épidémiologique sur le MAM, il a été jugé insatisfaisant à cause du grand nombre de questions qu'il comportait. Au cours du septième symposium sur l'hypoxie, à Lake Louise, Canada, réunissant des spécialistes de l'altitude du monde entier, un nouveau questionnaire dit de « Lake Louise » a été adopté par consensus<sup>60</sup>. C'est un score d'auto-évaluation qui peut être réalisé par un non-médecin et a été simplifié par rapport à l'ESQ-III puisqu'il ne comprend que six questions balayant les symptômes du MAM. Il peut également être complété par un examen clinique ciblé, si un médecin se trouve sur place. Un score allant de 1 à 3 marque un MAM léger, de 4 à 6 un MAM modéré et >6 un MAM sévère. Le score de Lake Louise est devenu le score de référence en termes d'utilisation sur le terrain et de recherche clinique dans le domaine. C'est donc le score que nous avons utilisé dans cette étude (Annexe 3).

### 1.1.4. Les facteurs de risque

L'altitude de survenue de MAM est très variable selon les individus mais reste rare en dessous de 2000m d'altitude (Figure 2). Le délai d'apparition des symptômes est généralement de quelques heures après l'exposition, ainsi des expositions aiguës mais courtes sont rarement symptomatiques. Plusieurs facteurs favorisant le MAM ont été identifiés dans de nombreuses études<sup>9</sup>. L'équipe de Waeber en 2015<sup>62</sup> ont travaillé sur une revue systématique de la littérature

des études ayant étudié la prévalence de MAM sans prophylaxie et les facteurs de risque qui en sont ressortis. Les facteurs revenant de manière significative dans toutes ces études étaient : le lieu géographique, le mode d'ascension et l'altitude maximale.

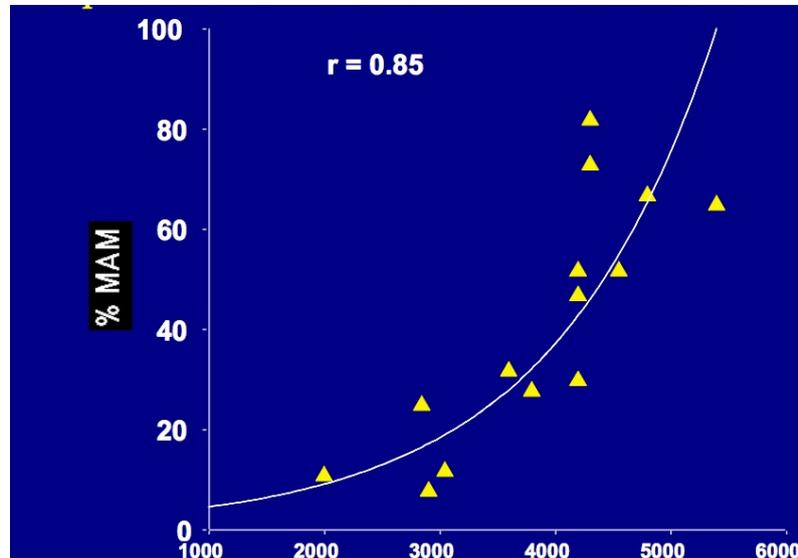


Figure 2 : Fréquence du MAM en fonction de l'altitude. Source : Rathat et al. 1992

L'**altitude** bien sûr, mais également la **rapidité d'ascension**<sup>11, 20, 50, 52, 62</sup> sont donc les premiers éléments influençant la survenue ou non de MAM. En effet une pré-acclimatation dans les jours précédents une ascension et une vitesse de montée contrôlée (moins de 400m de différence entre deux nuits consécutives) diminuent significativement l'incidence du MAM<sup>36</sup>.

Les personnes ayant un **antécédent de MAM sévère** sont plus susceptibles de refaire un MAM lors d'une nouvelle exposition<sup>55</sup>.

La **susceptibilité individuelle**, c'est-à-dire la sensibilité des chémorécepteurs carotidiens à l'hypoxie, et donc la capacité de réponse ventilatoire et cardiaque à l'hypoxie influe sur la survenue de MAM. Il a d'ailleurs été remarqué que les personnes ayant subi une ablation ou une radiothérapie des corpuscules carotidiens possèdent une faible réponse à l'hypoxie et donc une plus grande susceptibilité au MAM<sup>10, 52</sup>. Cette susceptibilité peut-être évaluée grâce au test à l'hypoxie.

Les personnes en **surpoids** (par une hypoventilation relative et les troubles respiratoires nocturnes)<sup>23</sup>, les personnes **migraineuses** (notamment celles avec aura)<sup>47</sup> et les personnes ayant un **entraînement régulier en endurance**<sup>9</sup>, seraient plus sensibles à la survenue de MAM.

Enfin les conditions environnementale et l'intensité de l'effort physique lors de la montée influent sur la survenue de MAM<sup>34, 57</sup>.

### 1.1.5. Prévention et consultation de médecine de montagne

Connaissant le fonctionnement des pathologies liées à l'hypoxie ainsi que les facteurs de risques les favorisant, il est possible de les prévenir en informant les personnes se rendant dans ces milieux et en s'assurant qu'elles ne présentent pas de contre-indication médicale à cette exposition. C'est tout l'intérêt de la consultation en médecine de montagne avant l'exposition.

Cette consultation s'adresse à toute personne amenée à se rendre à des altitudes supérieures à 2500m pendant plus de 4 heures, d'autant plus dans un contexte de travail, et devrait comprendre un entretien exhaustif, un examen clinique complet et des examens complémentaires si besoin.

A l'interrogatoire on recherchera principalement<sup>52</sup> :

- des maladies cardio-vasculaires et respiratoires ;
- des migraines ou céphalées fréquentes ;
- des allergies à des médicaments (en particulier à l'aspirine ou aux sulfamides (acétazolamide)) ;
- des varices, des antécédents de phlébite ou la prise d'oestroprogestatifs ;
- un antécédent d'épilepsie, de pathologie psychiatrique ou une prise de psychotropes ;
- des antécédents de lithiase urinaire ou d'infections urinaires à répétition ;
- des antécédents de MAM ou de ses complications
- les habitudes de vie ;
- les conditions de l'exposition (altitude, durée, vitesse d'ascension etc.)

L'examen clinique doit-être complet, particulièrement l'examen cardio-vasculaire. Il est important d'identifier des pathologies qui pourraient décompenser en milieu hypoxique et contre-indiquer l'exposition. Une bandelette urinaire (à la recherche d'une glycosurie, protéinurie ou hématurie) ainsi qu'un électrocardiogramme sont souvent réalisés de manière systématique. Un bilan biologique peut-être utile, notamment pour dépister une anémie. Les contre-indications sont listées dans la Figure 3 ci-après, et ont d'abord été établies par Charles Houston en 1982<sup>25</sup>, puis affinées par JP Richalet et C Rathat en 1991<sup>49</sup>.

Des tests d'effort peuvent être utiles si le sujet va réaliser un effort important lors de son exposition (plutôt dans un contexte de trek ou de travail physique), mais le test à l'hypoxie est le seul permettant d'évaluer la tolérance potentiel d'un individu à l'hypoxie.

<p>Contre-indications absolues à un séjour au-delà de 2500 m d'altitude :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maladie coronarienne non équilibrée ;</li> <li>• hypertension artérielle sévère, non contrôlée ;</li> <li>• insuffisance cardiaque, troubles du rythme graves ;</li> <li>• cardiopathies cyanogènes ;</li> <li>• hypertension artérielle pulmonaire, quelle que soit l'origine ;</li> <li>• absence congénitale ou acquise d'une artère pulmonaire ;</li> <li>• insuffisance respiratoire chronique ;</li> <li>• antécédents ischémiques cérébraux ;</li> <li>• artériopathie des membres inférieurs ;</li> <li>• troubles de la coagulation sévères ;</li> <li>• drépanocytose homozygote, anémies sévères ;</li> <li>• insuffisance rénale ;</li> <li>• antécédents psychiatriques majeurs.</li> </ul>	<p>Contre-indications relatives à un séjour en altitude (à moduler en fonction de l'activité prévue, de l'altitude envisagée et de la gravité de la pathologie) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maladie coronarienne contrôlée, antécédents d'infarctus, d'angioplastie ou de pontage avec ECG d'effort négatif de moins de 6 mois ;</li> <li>• hypertension artérielle ou artériosclérose contrôlée, modérée ;</li> <li>• emphysème, bronchite chronique modérée ;</li> <li>• scoliose graves ;</li> <li>• asthme d'effort ou au froid ;</li> <li>• antécédents de troubles respiratoires nocturnes (SAOS) ;</li> <li>• épilepsie, migraine vraie (surtout avec aura) ;</li> <li>• antécédents psychiatriques mineurs, prise de psychotropes ;</li> <li>• grossesse (surtout le troisième trimestre) ;</li> <li>• nouveau-né (&lt; 12 mois) ;</li> <li>• diabète, obésité majeure, insuffisance hépatique ;</li> <li>• drépanocytose hétérozygote, Thalassémie, anémies modérées ;</li> <li>• antécédent isolé de phlébite, prise d'estroprogestatifs fortement dosés ;</li> <li>• antécédent d'OPHA ou d'OCHA.</li> </ul>
---	--

Figure 3 : Contre-indications à un séjour en altitude. Source : Richalet et al. 2015

Le conseil principal à donner aux sujets est de laisser le temps à l'acclimatation, et donc de modérer la vitesse d'ascension. Au-delà de 3000m, il est conseillé de ne pas dépasser 300 à 500 mètres de différence d'altitude entre deux nuits.

Quand les personnes ont réalisé un test à l'hypoxie et sont considérées comme mauvais répondeurs, ou ont des antécédents de MAM répétés, ou quand une acclimatation lente n'est pas possible, un traitement préventif par acétazolamide peut-être instauré afin de limiter le risque de complications. C'est un inhibiteur de l'anhydrase carbonique qui mime l'acclimatation en augmentant la ventilation, en facilitant l'excrétion urinaire des bicarbonates (réduisant donc l'alcalose) et ayant un effet diurétique. De nombreuses études ont montré son intérêt dans la prévention des pathologies liées à l'hypoxie, en particulier, il réduirait l'incidence du MAM entre 30 et 70% (selon les études)<sup>19, 20, 32</sup>.

Enfin il est important de donner les informations aux sujets concernant les symptômes des pathologies liées à l'hypoxie et de la conduite à tenir en cas d'apparition de ces symptômes<sup>8</sup>.

## 1.2. Contexte de l'étude

### 1.2.1. Le travail en hypoxie

Plusieurs contextes peuvent amener un employé à être en situation d'hypoxie au travail. L'altitude est la plus évidente, où comme nous venons de l'exposer, plus elle est élevée, plus la pression partielle en oxygène diminue et plus l'hypoxie est importante. De nombreux métiers en altitude existent exposant des travailleurs de tout type à l'hypoxie. Le domaine touristique se développant de plus en plus, le personnel des stations de ski, des téléphériques, les guides de haute montagne, les accompagnateurs en montagne et les gardiens de refuge sont de plus en plus nombreux. A ces professionnels s'ajoutent l'ensemble des intervenants dans les secours en montagne à savoir les pelotons de gendarmerie de haute montagne (PGHM), les compagnies républicaines de sécurité (CRS), la sécurité civile, les groupes montagnes sapeurs pompiers (GMSP) et tous les métiers associés (pilotes d'hélicoptères, médecins, maîtres-chiens...). Sont également concernés les employés du BTP intervenant dans la construction et/ou l'entretien d'édifices (lignes à haute tension d'ErDF par exemple) en montagne. On peut noter que le personnel navigant commercial est exposé à une altitude relative équivalente à 2438m (8000 pieds) maximum selon la réglementation aéronautique<sup>14</sup>.

La baisse de la pression partielle d'oxygène dans l'air ambiant n'est pas toujours due à l'altitude mais peut être la conséquence d'une activité professionnelle. Elle peut être intentionnelle ou non. En effet, certaines activités peuvent induire une réduction du taux d'oxygène dans l'air par manque de renouvellement de l'air ambiant (espaces confinés tels que des cuves de stockage)<sup>26</sup> ou par utilisation de procédés consommant ou émettant des gaz (utilisation de liquides cryogéniques)<sup>2</sup>. D'autres activités vont nécessiter une diminution du taux d'oxygène de l'air ambiant (atmosphère contrôlée) quand celui-ci devient un risque en tant que comburant ou d'oxydant (risque d'incendies, d'explosions ou pour limiter la dégradation d'archives par exemple).

Dans ces cas l'hypoxie est normobare, contrairement à l'hypoxie en altitude qui est hypobare. Cependant il est communément admis que les effets de l'hypoxie normobare et hypobare sont similaires du point de vue physiologique et qu'il n'y a pas lieu de les distinguer quand on étudie les pathologies qui y sont liées<sup>31,59</sup>.

### 1.2.2. Loi du travail

L'article L4161-1 du code du travail stipule que tout travailleur soumis à un risque professionnel lié, entre autres, à un environnement physique agressif, doit avoir un suivi spécifique quant à l'exposition au facteur de risque. Ce suivi doit se faire dans le cadre de la médecine du travail et doit-être notifié dans le dossier médical.

Le décret n° 2014-1159 du 9 Octobre 2014 détermine les facteurs de risques et les seuils d'expositions à la pénibilité. Le travail en hypoxie ne figure pas sur cette liste de facteurs de risque. Or, les pathologies et risques liés à une exposition à un environnement hypoxique, notamment dans le cadre des séjours en haute altitude, sont bien connus et décrits dans de nombreuses études sur le sujet. De nombreux travailleurs d'horizons très divers sont aujourd'hui exposés à des conditions hypoxiques, et n'ont, à ce jour, pas de suivi spécifique lié à cette condition (qui se fait à l'appréciation du médecin du travail s'il existe), car il n'y a pas de législation en France sur le sujet.

### 1.2.3. Les normes et recommandations existantes

#### **En France :**

Aucune législation claire n'a été établie à ce jour, à notre connaissance, concernant le travail en milieu hypoxique et le suivi des travailleurs de ces milieux. Pour autant la question a été abordée par plusieurs groupes de travail qui ont publié des recommandations, montrant le besoin de références à ce sujet.

Dans le secteur des travaux souterrains il existe une teneur minimale en oxygène imposée qui est de 19% (Arrêté du 8 Juin 1990)<sup>3</sup>. Une réglementation existe également concernant l'utilisation de mélanges hypoxiques en milieu hyperbare (Décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011)<sup>13</sup>, où la pression partielle en O<sub>2</sub> ne doit jamais être inférieure à 160 hectopascals (0,16 bars) soit un équivalent surface à un taux d'oxygène à 16%. Mais les contraintes physiologiques du milieu hyperbare ne sont pas transposables à ceux du milieu hypo- ou normobare.

En 1989, une circulaire ministérielle du ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports a été publiée imposant aux sujets se rendant en mission au-delà de 2500m d'altitude d'effectuer une consultation médicale de non contre-indication avec test à l'hypoxie préalable (Annexe 2).

En Février 2012, l'INRS a publié des recommandations sur la prévention et la protection des personnes travaillant dans une atmosphère appauvrie intentionnellement en oxygène<sup>27</sup>. Cet écrit a été basé sur les études dans le domaine de la médecine d'altitude et note bien que les effets à long terme de l'exposition à une hypoxie intermittente ou permanente sont non connues et que les mesures proposées nécessiteront une adaptation au fur et à mesure de l'avancée des connaissances dans le domaine. Il définit quatre zones de travail : concentration en O<sub>2</sub> entre 17-19%, concentration en O<sub>2</sub> entre 17-15%, concentration en O<sub>2</sub> entre 13-15% et concentration en O<sub>2</sub> inférieur à 13%. Pour ce dernier, le travail y est interdit sans appareil de protection respiratoire isolant. Les femmes enceintes sont interdites des zones où l'O<sub>2</sub> est inférieur à 17%. Pour les autres travailleurs, le travail doit être limité dans le temps avec une exposition maximale de 6h par jour, un effort physique minimal et des pauses régulières de ce milieu. Selon la zone de travail du travailleur, un suivi médical à la médecine du travail est proposé, avec des contre-indications médicales établies selon la zone, et une fréquence de suivi renforcée.

Un groupe de travail conjoint du CNRS, de l'IRD, de l'IRSTEA et du muséum national d'histoire naturelle a publié en 2012 un livret d'information pour ses employés qui vont effectuer des missions en altitude. Il y est préconisé un bilan médical avec une consultation d'aptitude dès lors que le séjour dépasse 2500m pendant plus de 6h. Un test à l'hypoxie est demandé<sup>12</sup>.

En 2010 le Groupement National Multidisciplinaire de Santé au Travail dans le BTP (GNM ST BTP) a publié une note sur le travail en milieu hypobare et défini le travail en « haute altitude » le travail au-delà de 2000m. Il préconise une surveillance médicale renforcée en insistant sur la prévention (épreuve d'effort pour les coronariens, test à l'hypoxie etc.).

Enfin, un mémoire de fin d'études au sein de l'AFSSET en 2009<sup>1</sup> a envisagé deux valeurs limites minimales de teneur en oxygène. La première valeur concerne les milieux dont le taux d'oxygène est de 17% (PpO<sub>2</sub> à 0,17 bar) où tout travailleur, hors ceux porteurs de maladies décompensées, pourrait intervenir pour une durée maximale de 8h d'affilé. La deuxième valeur concerne les milieux dont le taux d'oxygène est compris entre 17% et 15,5% (PpO<sub>2</sub> à 0,155 bar) où seuls les travailleurs exempts de pathologies respiratoires, cardiaques ou hématologiques pourraient intervenir, et ce pour une durée maximale de 4 heures. Ces valeurs ont été déterminées principalement grâce aux connaissances sur les effets de l'exposition aiguë à un milieu hypoxique et l'auteur précise qu'il subsiste une incertitude quant aux effets à long terme de ces postes, suggérant d'interdire un maintien de poste permanent en milieu hypoxique.

### A l'étranger :

Plusieurs pays ont des réglementations sporadiques, pas tous ne justifient leur choix de seuil limite.

En Espagne un seuil minimal de 20,5% a été fixé pour les espaces confinés en 1988<sup>28</sup>.

Aux Etats-Unis, deux instituts de santé au travail (NIOSH et OSHA) ont fixé une limite de 19,5% concernant les espaces confinés<sup>41</sup>.

La province du Québec a également fixé la limite de 19,5%<sup>45</sup>.

Les Pays-Bas<sup>43</sup> et deux provinces du Canada (Ontario et Yukon)<sup>44</sup> ont fixé une limite à 18% d'oxygène.

Différents domaines industriels ont émis eux-mêmes des réglementations. C'est le cas de l'aviation civile qui a limité le seuil minimal de pressurisation à un équivalent de 8000 pieds (2438m)<sup>14</sup>. Le National Research Council aux Etats-Unis a déterminé des valeurs seuils pour les sous-marins qui dépendent de la durée d'exposition<sup>6</sup>.

Enfin, l'Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA) a publié un consensus en 2009 (mise à jour en 2012) sur le travail en conditions hypoxiques<sup>31</sup>. Ce consensus propose une définition du risque en fonction de cinq facteurs : l'altitude (ou altitude équivalente), la durée de l'exposition, le profil d'exposition (intermittente, avec acclimatation etc.), la charge du travail pendant l'exposition et les personnes montagnards natifs ou habitants des plaines. Il propose ensuite des mesures de précautions, des contre-indications et des examens médicaux selon le risque défini du poste (Figure 2).

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)

Figure 4 Classification des risques d'hypoxie et les mesures de précautions proposées par l'UIAA. Source : Küpper et al. 2012

#### 1.2.4. Objectif de l'étude

Le téléphérique de La Compagnie du Mont Blanc, allant de Chamonix (1035m), à L'Aiguille du midi (3842m) en passant par le plan de l'aiguille (2317m) transporte 500 000 passagers par an du point bas du téléphérique au point haut en 20min. La compagnie comprend 140 employés qui peuvent travailler aux trois altitudes différentes du téléphérique ou dans les cabines elles-mêmes. La nuit, il existe une permanence à l'Aiguille du midi pour assurer le bon fonctionnement de l'équipement. Les employés vont donc effectuer des gardes à tour de rôle à 3842m d'altitude selon un planning défini. Trente pourcent des travailleurs sont des femmes, 40% des employés permanents (le reste étant saisonniers) et l'âge moyen des travailleurs est de 35ans. Selon le consensus de l'UIAA, ces travailleurs font partie de la classe 4 de risque, à savoir « risque de MAM ou autres troubles pouvant apparaître pour des personnes non acclimatées » pour lesquels des mesures de précautions spéciales sont nécessaire. Dans la table 1 ci-dessous, qui est un résumé des effets de l'altitude, on voit que l'Aiguille du midi se trouve en zone de « haute altitude » exposant les travailleurs au MAM, au SHAI (avec OPHA et OCHA) et à une altération des performances aérobie et cognitives.

Altitude	FiO <sub>2</sub> équivalente.	Définition	Effets
0 - 1000 m	0,21 - 0,186	Niveau de la mer	Aucun effet sur la santé ou la performance
1000 -2500 m	0,186 – 0,151	Basse altitude	Aucun effet sur la santé, effet possible sur la performance physique maximale, en particulier chez les athlètes de haut niveau
2500 – 3500 m	0,151 – 0,131	Moyenne altitude	Le mal aigu des montagnes peut survenir si l'exposition dure plus de 4 h, diminution de la performance maximale aérobie, essoufflement à l'effort.
3500 – 5500 m	0,131 – 0,104	Haute altitude	Le mal aigu des montagnes est fréquent, les œdèmes pulmonaire et cérébraux sont possibles (1 à 2%) chez des personnes sensibles. La performance aérobie est fortement réduite. Les performances cognitives peuvent être altérées.
> 5500 m	< 0,104	Altitude extrême	Sérieux risque pour la santé, vie permanente impossible, altération des performances physiques et cognitives.

*Table 1 Résumé des effets de l'altitude. Source Richalet JP, 2006*

Cette étude pose la question de la prévalence de mal aigu des montagnes chez ces employés montés rapidement en altitude pour y passer la nuit et d'une éventuelle corrélation avec l'oxymétrie de pouls, la fréquence cardiaque ainsi que d'autres facteurs (tabac, antécédents médicaux etc.) pendant la garde. L'estimation des cas de mal aigu des montagnes fait par le médecin du travail du site lors des gardes en haute altitude, évaluée *a posteriori* au cours des visites médicales, est de 32%. Dix salariés ont des restrictions d'aptitude au travail en rapport avec l'exposition à la haute altitude, dont 7 sont interdites de gardes. Peu d'autres données sont disponibles sur la question. Nous avons donc élaboré ce protocole afin de récolter des données qui pourront nous renseigner sur les effets de cette nuit en altitude (3842m) sur ces travailleurs provenant de 1035m, altitude de Chamonix. Le médecin du travail du site, et l'entreprise, classent aujourd'hui les salariés en Surveillance Médicale Renforcée (SMR) avec un suivi médical spécifique et pour l'instant annuel du fait du risque de « postes de sécurité » inhérents au transport de passagers par câble. La surveillance médicale renforcée est un dispositif légal encadré par la loi du travail qui permet au médecin du travail de mettre en place un suivi plus spécifique de travailleurs occupants certains postes à risque. Cependant le suivi est à l'appréciation du médecin et il n'y a pas de recommandations spécifiques, notamment sur la

question du travail en milieu hypoxique.

L'objectif de cette étude s'inscrit dans une démarche d'étude préliminaire de récolte de données pour déterminer si les pathologies (non traumatiques) liées au travail en milieu hypoxique sont fréquentes et/ou graves et si l'on peut en déterminer quelques facteurs de risques. Ceci s'intègrerait dans une réflexion plus large sur la nécessité, ou non, de reconsidérer l'hypoxie comme une exposition professionnelle à risque, impliquée dans une pénibilité au travail qui nécessiterait un suivi spécifique.

## II. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Type d'étude

L'étude est descriptive, observationnelle, transversale et monocentrique dont la récolte de données a eu lieu entre Juillet et Septembre 2016, les nuits où les investigateurs étaient présents sur place, auprès des travailleurs de l'Aiguille du midi effectuant des gardes de nuit sur cette période (2 travailleurs par nuit).

### 2.2. Objectif de l'étude

L'objectif principal de l'étude est de déterminer la prévalence de mal aigu des montagnes chez les travailleurs effectuant des gardes à l'Aiguille du midi au cours de la période d'étude.

L'objectif secondaire est de corrélérer un éventuel mal aigu des montagnes à d'autres éléments tels que la fréquence cardiaque et la saturation nocturne, la présence ou non de facteurs favorisant le mal aigu des montagnes, la prise ou non de médicaments (notamment de Diamox<sup>o</sup>), l'exposition ou non dans les jours précédant à un environnement hypoxique (altitude), et la charge de travail physique au cours de la garde.

### 2.3. Population étudiée

Tous les travailleurs effectuant des gardes les nuits où les investigateurs étaient présents sur la période d'étude étaient inclus dans l'étude s'ils étaient d'accord. Chaque travailleur ne pouvait être inclus qu'une fois dans l'étude. Sur la période d'étude, les travailleurs étaient soit des saisonniers soit du personnel permanent.

### 2.4. Critères d'évaluation

Critère d'évaluation principal : Score le Lake Louise évaluant la présence ou non de symptômes de mal aigu des montagnes<sup>60,69</sup>.

Critère d'évaluation secondaire : oxymétrie de pouls, fréquence cardiaque, données recueillies dans le questionnaire :

- Données morphométriques

- Antécédents de mal aigu des montagnes (oui/non, altitude d'apparition)
- Antécédents de facteurs favorisant le mal aigu des montagnes
- Prise de médicaments (oui/non, lesquels, Diamox<sup>o</sup> ?)
- Séjour en altitude dans la semaine précédant la garde (oui/non, altitude max, combien de temps)
- Evaluation de l'activité pendant la garde (faible, moyenne, intense)
- Ancienneté au sein de la compagnie

## 2.5. Déroulement de l'étude

Les travailleurs qui effectuaient la garde de nuit (deux travailleurs par garde) ont vu les investigateurs en début de garde qui leur ont expliqué l'objectif de l'étude, la méthodologie, leur ont présenté le questionnaire et le saturomètre, et leur ont fourni une fiche explicative ainsi qu'un consentement éclairé. La récolte de données était anonyme et il était expliqué qu'elle ne préjugait en aucun cas de l'aptitude des travailleurs à leur poste, qui ne peut être délivrée que par le médecin du travail du site. Les investigateurs étaient également sur place toute la nuit et pouvaient, si besoin, répondre aux interrogations des travailleurs.

Les travailleurs avaient pour consignes de mettre en place le saturomètre au moment du coucher et de l'enlever au moment du lever. Le questionnaire devait être rempli en fin de garde. Tous ces éléments étaient récupérés par les investigateurs en fin de garde.

Les saturomètres utilisés étaient les suivants :

- Modèle: CMS50F
- Marque: Contec Medical Systems Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei Province, Chine

Il s'agissait de montres oxymètres avec des capteurs type manchons placés sur un doigt, comme présenté sur la Figure 1 ci-dessous.



*Figure 5 : Oxymètre de pouls CMS 50 F*

## 2.6. Considérations éthiques

Droits d'accès aux données : les personnes participant à cette étude ont été informées de leur droit d'accès et de rectification aux données les concernant, ainsi que des modalités d'application de ce droit via la notice d'information et le formulaire de consentement de participation à l'étude. Les informations concernant les patients participant à cette étude ont été anonymisées et informatisées selon les recommandations établit par la CNIL.

La saisie des données a été réalisée par l'investigateur principal. Une extraction des données a été réalisée afin de pouvoir faire l'importation dans le logiciel d'analyse statistique adéquate.

Le protocole est en conformité avec les principes d'éthique établis par la 18<sup>ème</sup> Assemblée Médicale Mondiale (Helsinki 1964) et par les amendements établis lors des 29<sup>ème</sup> (Tokyo 1975), 35<sup>ème</sup> (Venise 1983), 41<sup>ème</sup> (Hong Kong 1989), 48<sup>ème</sup> (Somerset West 1996) la 52<sup>ème</sup> (Edinburg 2000) et révisée lors de la 54<sup>ème</sup> Assemblée Médicale Mondiale (Washington 2002). Il a été conduit conformément aux recommandations ICH de Bonnes Pratiques Cliniques.

Protection des personnes : il s'agit d'une étude qui n'entre pas dans le cadre de la loi du 9 août 2004 car les actes pratiqués le sont de manière habituelle sans procédures invasives supplémentaires ou inhabituelles de diagnostic ou de surveillance.

## 2.7. Modalités de la recherche bibliographique

La recherche bibliographique a été réalisée à l'aide du moteur de recherche PubMed sans restriction sur la langue, les dates et les classifications. Seuls les travaux les plus pertinents ont été retenus. D'autres moteurs de recherche ont également été utilisés avec les mêmes mots clés (en français ou en anglais) : Doc'CISMeF, Google, Pascal, Cochrane.

D'autres articles référencés en bibliographie des premières études ont également été récoltés.

## 2.8. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du tableur Excel hormis les tests exacts de Fisher qui ont été réalisés à l'aide de « biostaTGV » (outil statistique en ligne).

### Analyse descriptive :

Pour les variables qualitatives : nous présentons les résultats sous la forme : *effectif absolu* : *nombre de cas* (*effectif relatif* : *pourcentage*).

Pour les variables quantitatives : nous présentons les résultats sous la forme *moyenne*  $\pm$  *écart type* [*min*, *max*].

### Analyse bivariée :

La comparaison de deux effectifs ou plus a été faite :

- Par un test du chi<sup>2</sup> si les effectifs théoriques étaient  $\geq 5$
- Par un test exact de Fisher si les effectifs théoriques étaient  $< 5$ .

La comparaison de deux moyennes a été faite par un test T de Student.

Le seuil de significativité pour le risque de première espèce était fixé à  $p < 0,05$ .

### III. RESULTATS

#### 3.1. Les inclusions

Sur 46 employés rencontrés, 43 ont accepté de participer à l'étude. Parmi ceux-ci, 3 y avaient déjà participé au cours d'une de leurs précédentes gardes. Sur les 40 participants, 8 n'ont pas eu des enregistrements de saturation complets. Nous avons donc récolté des données complètes pour 32 employés. Les questionnaires des 8 participants sans mesure de saturation ont été inclus dans l'analyse de ceux-ci.

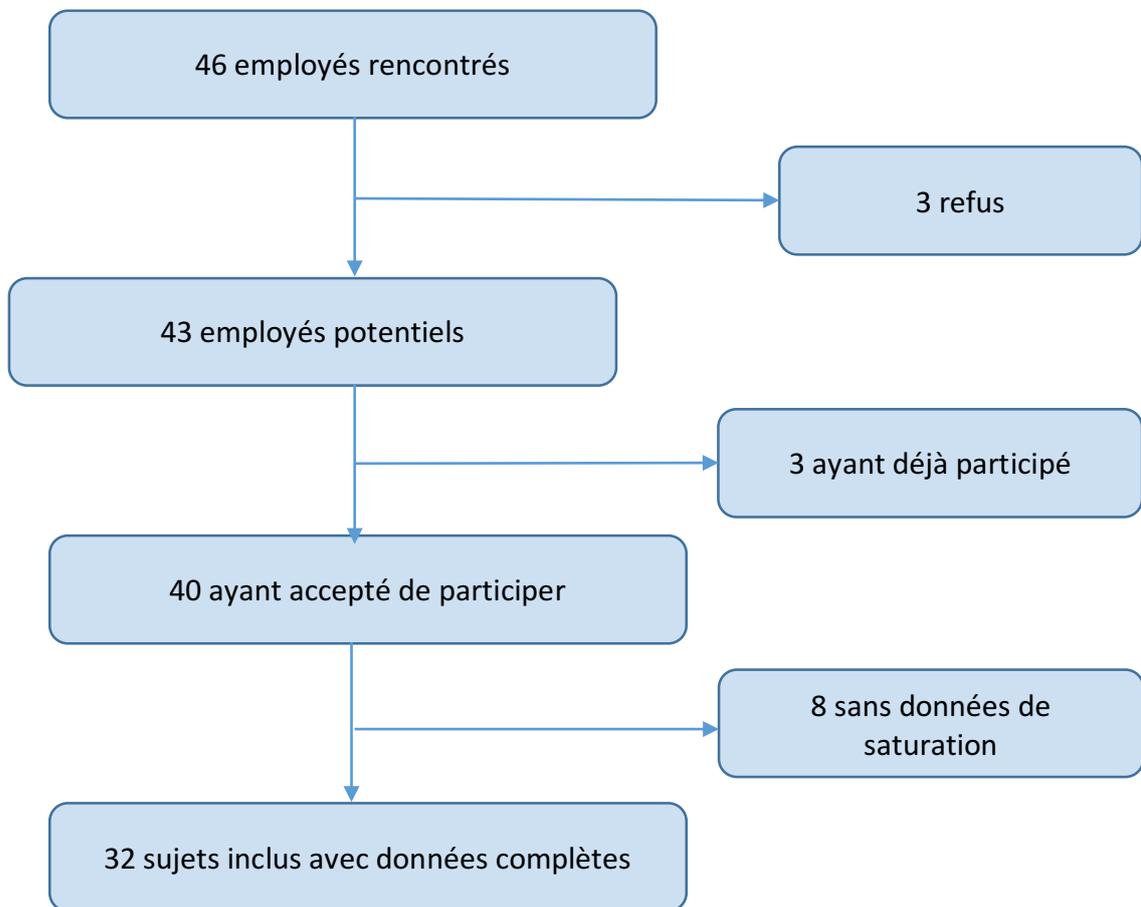


Figure 6 : Diagramme des flux

Après analyse des données, les sujets ont été regroupés en deux groupes :

- « MAM+ » : sujets ayant eu un mal aigu des montagnes modéré à sévère selon le score de Lake Louise (score supérieur à 3). Ce groupe comportait 19 individus.

- « MAM- » : sujets asymptomatiques ou ayant eu un mal aigu des montagnes léger selon le score de Lake Louise (score inférieur ou égal à 3). Ce groupe comportait 21 individus.

## 3.2. La population

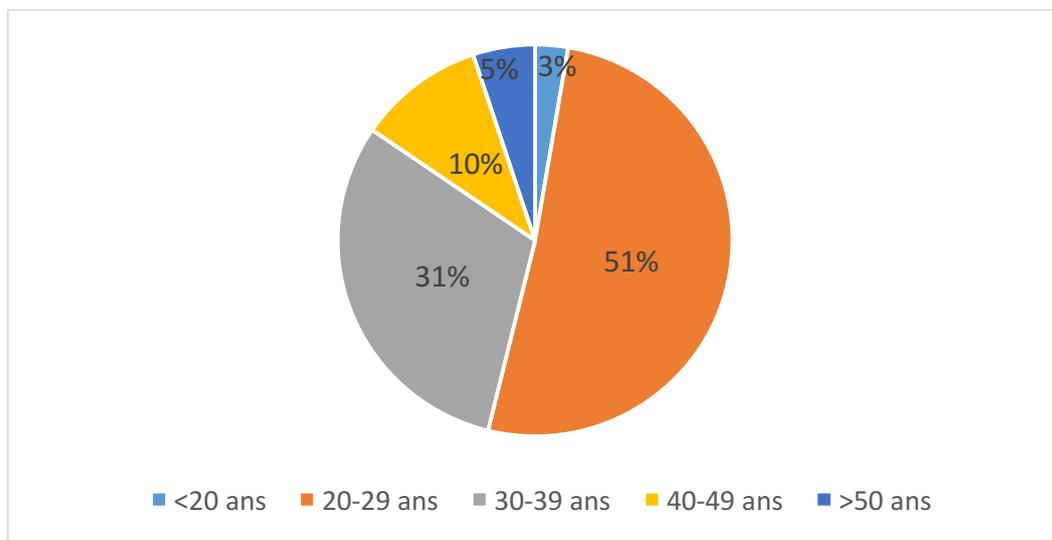
### 3.2.1. Caractéristiques générales

	Moyenne ± écart type	Max	Mini	MAM+	MAM-	p
<b>Sexe</b>				F : 9 H : 10	F : 3 H : 18	0,037
<b>Age (années)</b>	30,5 ± 9,0	55	18	31,8 ± 6,9	29,4 ± 10,5	0,41
<b>Poids (kg)</b>	67,0 ± 10,8	86	47			
<b>Taille (cm)</b>	173 ± 8	190	155			
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	22,2 ± 2,6	26,05	16,23	22,2 ± 3,0	22,2 ± 2,3	0,96

*Table 2: Données anthropométriques*

**Sexe** : La majorité des participants étaient de sexe masculin. Il y avait significativement plus de femmes dans le groupe « MAM+ ».

**Age** : l'âge moyen était de 30,5 ans avec un âge médian à 29 ans, sans différence significative entre les deux groupes.



*Figure 7 Répartition des âges*

**IMC** : L'IMC moyenne était de 22,2 avec un IMC médian de 22,1 Kg/m<sup>2</sup>. Il n'y avait pas de différence significative entre les IMC des deux groupes.

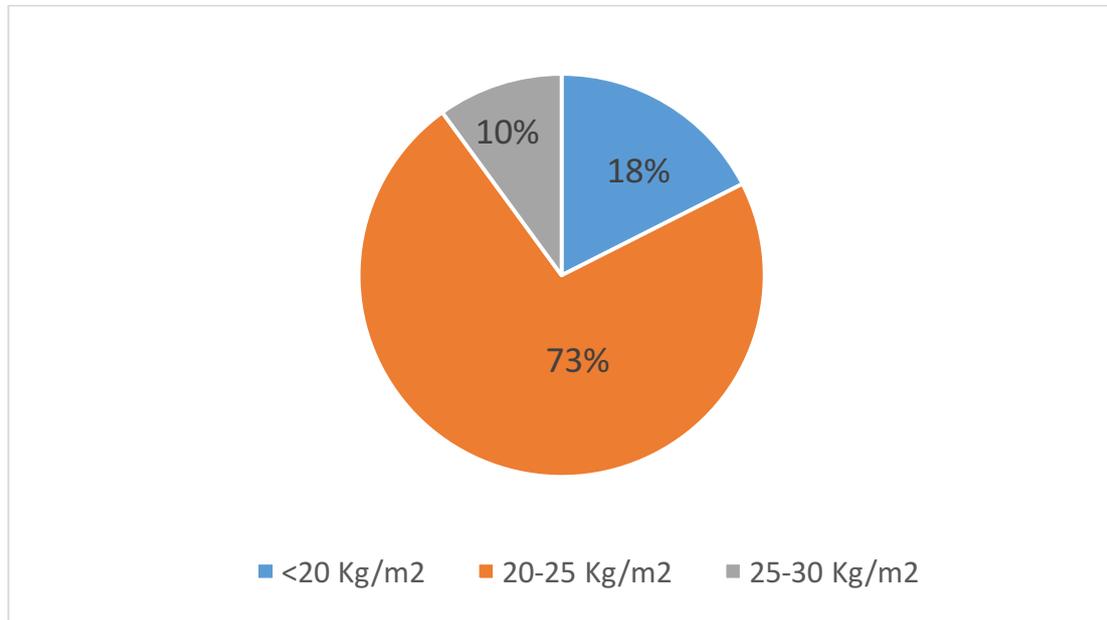


Figure 8 Répartition des IMC

### 3.2.2. Modes de vie et santé

		MAM+	MAM-	p
<b>Tabac</b>	Oui	8	11	0,52
	Non	11	10	
<b>Sportif régulier</b>	Oui	12	20	0,017
	Non	7	1	
<b>Antécédents médicaux</b>	Oui	2	3	0,72
	Non	17	18	
<b>Médicaments pendant la garde</b>	Oui	8	4	0,18
	Non	11	17	

Table 3 Récapitulatif des modes de vie et pathologies des sujets

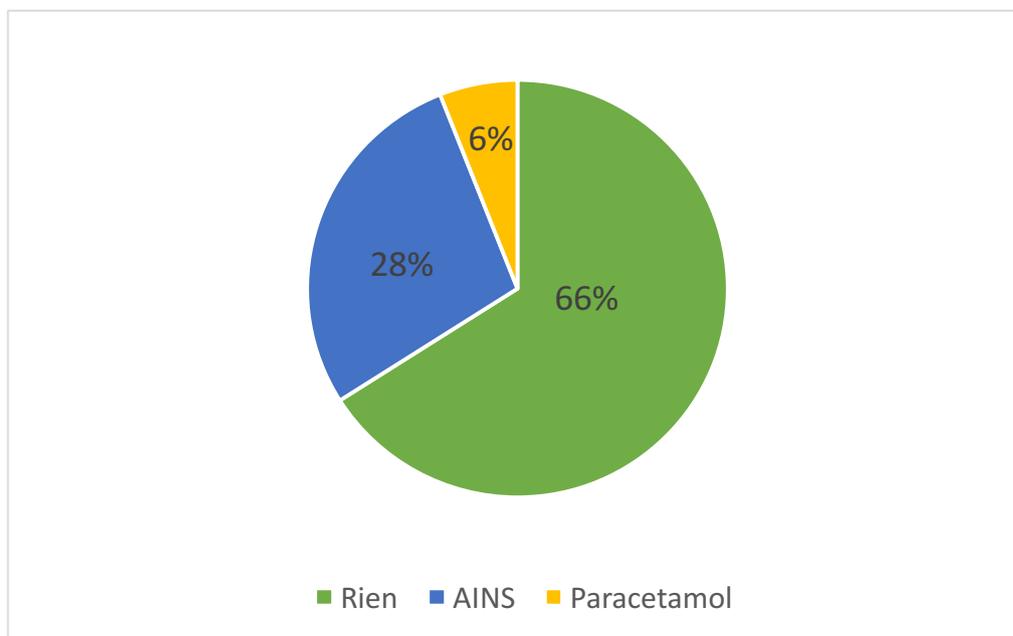
**Tabac** : 19 des 35 participants ont déclaré être fumeurs, soit 54% de fumeurs. Il n'y avait pas de différence entre les deux groupes.

**Sport** : 32 des 35 participants ont déclaré pratiquer du sport régulièrement, soit 91% de sportifs. Les sports les plus représentés étaient le vélo (29%), la course à pied (23%) et l'alpinisme (20%). Il y avait statistiquement plus de travailleurs ayant déclaré faire du sport dans le groupe « MAM- » par rapport au groupe « MAM+ » ( $p=0,017$ ).

**Pathologies médicales** : 5 participants (soit 14% de la population) ont déclaré avoir des pathologies médicales (migraines : 1, allergies saisonnières : 2, asthme : 1, un épisode de crise comitiale : 1). Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes.

**Traitements habituels** : Parmi les 5 participants ayant déclaré avoir une pathologie médicale, 2 ont déclaré avoir un traitement habituel (antihistaminique et ventoline). Parmi les autres participants, 2 ont déclaré prendre un traitement (contraception). Soit au total 11% de participants prenaient un traitement habituel.

**Traitement pendant la garde** : 34% des participants ( $n = 12$ ) déclarent prendre un traitement pendant les gardes. 83% de ceux-ci ( $n = 10$ ) prennent des AINS, le reste ( $n = 2$ ) du paracétamol. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes.



*Figure 9 Traitements pendant la garde*

### 3.2.3. Antécédents de Mal Aigu des Montagnes

**Antécédents de MAM :** 28% de participants ont déclaré avoir déjà eu des symptômes de MAM (céphalées : 8, œdèmes : 3, digestif : 1, dyspnée : 1, vertiges : 1). Il n'y avait pas plus de travailleurs avec un antécédent de MAM dans le groupe « MAM+ » que dans le groupe « MAM - ».

Antécédent de MAM	n	Pourcentage (%)	MAM+	MAM-	p
Oui	11	28	5	6	0,96
Non	28	72	13	15	

Table 4 : Antécédent de mal aigu des montagnes

L'altitude moyenne de ressenti de ces MAM était de 4690m ±1002 [6000 - 3775]

Remarque : un même participant a pu déclarer plusieurs symptômes.

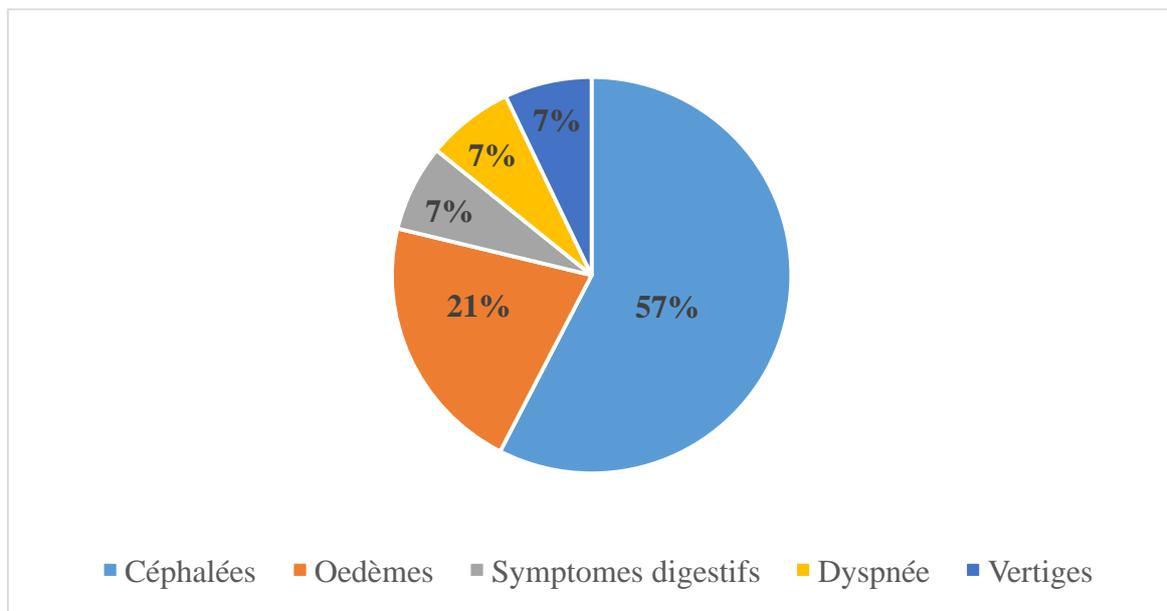


Figure 10 Répartition des symptômes chez les travailleurs ayant un antécédent de MAM

### 3.3. Le score de Lake Louise

n=35	n	Pourcentage (%)
Pas de MAM	3	7,5
MAM Léger	18	45
MAM Modéré	17	42,5
MAM Sévère	2	5

Table 5 : Récapitulatif des résultats du score de Lake Louise

Sur les 40 participants, 18 ont eu un score de Lake Louise révélant un MAM léger, 17 un MAM modéré, 2 un MAM sévère et 3 n'ont eu aucun symptôme de MAM.

	<b>n</b>	<b>Pourcentage (%)</b>	<b>Moyenne MAM+</b>	<b>Moyenne MAM-</b>	<b>p</b>
<b>Fatigue</b>	31	89	1,6	0,9	0,00001
<b>Troubles du sommeil</b>	24	69	1,5	0,5	0,00004
<b>Céphalées</b>	16	46	0,8	0,1	0,00001
<b>Troubles digestifs</b>	2	6	0,1	0	0,13
<b>Vertiges</b>	1	3	0,1	0	0,3

*Table 6 : Récapitulatif des éléments du score de Lake Louise*

Les symptômes déclarés étaient principalement : les symptômes de fatigue présents chez 31 participants, les troubles du sommeil présents chez 24 participant et les céphalées présentes chez 16 participants. Deux participants ont rapporté des troubles digestifs et un seul des vertiges. Les items du score de Lake Louise « Fatigue », « Troubles du sommeil » et « Céphalées » étaient plus présents dans le groupe « MAM+ », ce qui n'était pas le cas pour les autres items « Troubles digestifs » et « Vertiges ».

<b>Troubles du sommeil dus à l'activité</b>	<b>n</b>	<b>Pourcentage (%)</b>	<b>MAM+</b>	<b>MAM-</b>	<b>p</b>
<b>Oui</b>	9	23	6	3	0,26
<b>Non</b>	30	77	12	18	

*Table 7 : Récapitulatif du lien entre trouble du sommeil et activité*

Dix des participants ont attribué leur trouble du sommeil à l'activité pendant la garde. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes.

### 3.4. Contexte de travail

Nous avons classé les travailleurs en employés saisonniers (moins de 10 saisons à la Compagnie du Mont Blanc) et employés permanent (plus de 10 saisons). Sur les 40 participants, 18 ont déclaré être permanents et 15 saisonniers. Il n'y avait pas de différence significative entre la répartition des saisonniers et des permanents entre les groupe « MAM+ » et «MAM-».

		Population totale	MAM+	MAM-	p
Statut professionnel	Saisonnier	15	7	8	0,25
	Permanent	18	12	6	

Table 8 : Récapitulatif du statut des travailleurs

Près de la moitié des participants (46%) avaient moins de 2 semaines entre leur prise de poste et la garde étudiée. Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes.

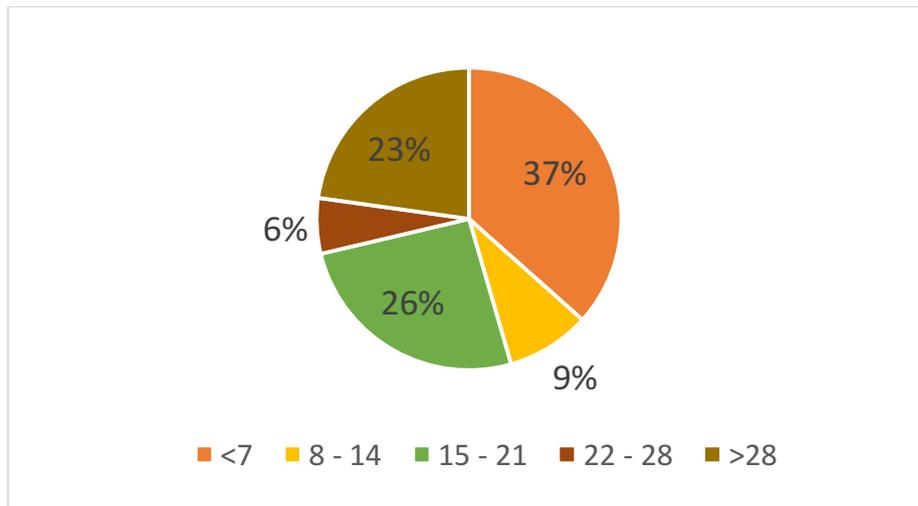


Figure 11 : Nombre de jours entre la prise de poste et la garde

Dix des participants effectuaient leur première garde de la saison, 11 leur deuxième et 14 en étaient à leur troisième garde ou plus. Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes.

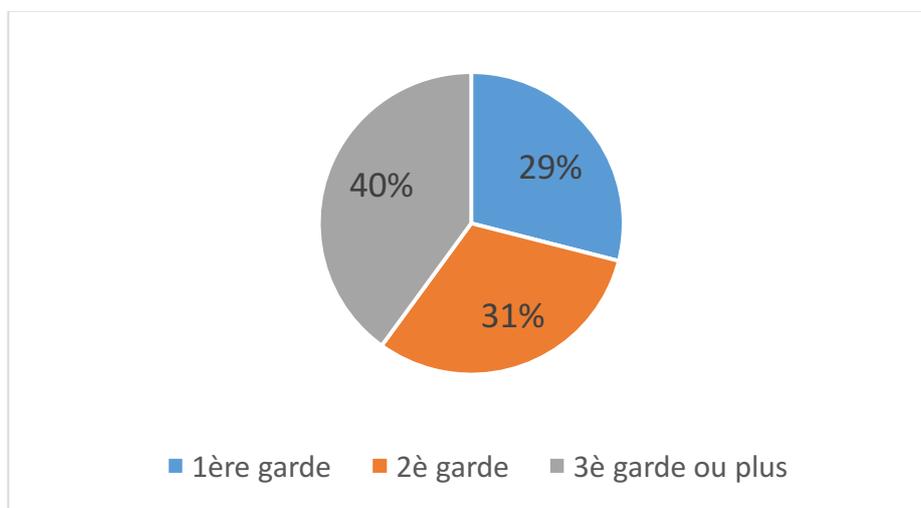


Figure 12 : Place de la garde étudiée dans la saison

La table 8 ci-dessous récapitule l'altitude moyenne visitée par les participants dans les jours précédant leur garde. L'altitude maximale dépasse peu l'altitude de l'Aiguille du midi. L'altitude minimale est souvent zéro ou 1035m (Chamonix). Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes quant aux altitudes visitées par les travailleurs les jours précédents la garde.

	Moyenne ± écart type	Min	Max
<b>Altitude avant garde :</b>			
<b>1 jour</b>	2831 ± 1316	0	3842
<b>2 jours</b>	2280 ± 1323	0	3842
<b>3 jours</b>	1808 ± 1290	0	3842
<b>4 jours</b>	1800 ± 1246	0	4700

Table 9 : Récapitulatif des altitudes maximales atteintes les jours précédant la garde

Vingt-neuf des participants ont qualifié la charge de travail pendant leur garde comme légère, neuf comme modérée, et deux comme lourde. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes

		Population totale	Pourcentage (%)	MAM+	MAM-	p
<b>Charge de travail pendant la garde</b>	Légère	29	72	11	18	0,12
	Modérée	9	23	6	3	
	Lourde	2	5	2	0	

Table 10 : Récapitulatif du ressenti de l'importance de la charge de travail

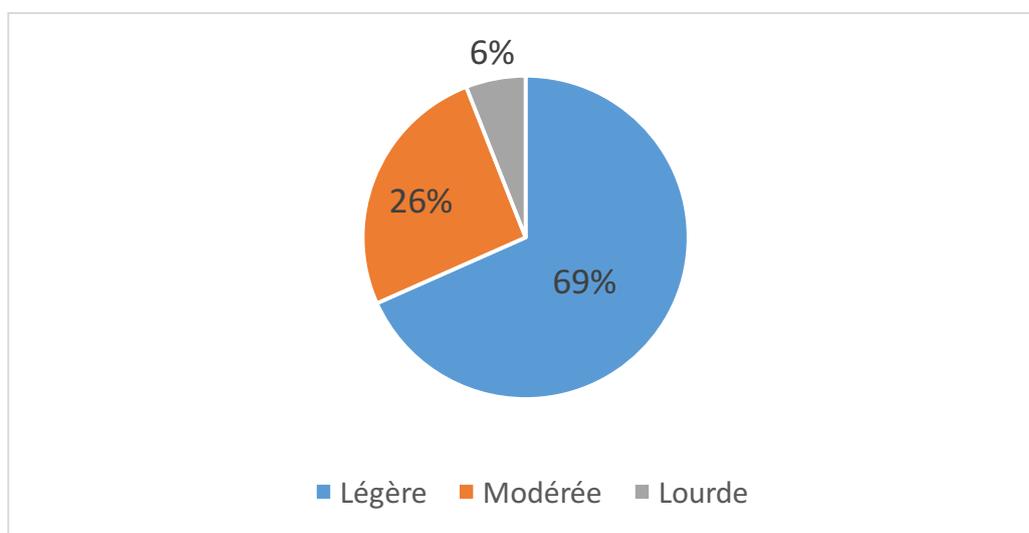


Figure 13 : Charge de travail pendant la garde

Vingt-cinq des travailleurs ont passé moins de deux jours à l'Aiguille du midi avant la garde étudiée. Il y a plus de mal aigu des montagnes chez les travailleurs ayant passé moins de deux jours à l'Aiguille du midi avant la garde étudiée que chez ceux ayant passé au moins deux jours à l'Aiguille du midi avant leur garde.

Nombre de jours à l'Aiguille du midi avant la garde	Population totale (%)	MAM+	MAM-	p
<b>Au moins 2 jours</b>	15 (37,5%)	4	11	<b>0,04</b>
<b>Moins de 2 jours</b>	25 (62,5%)	15	10	

*Table 11 : Récapitulatif du nombre de jours passés à l'Aiguille du midi avant la garde*

### 3.5. Les variables physiologiques

	Moyenne	MAM+	MAM-	p
<b>Durée d'enregistrement (heures)</b>	4,8	4,7	5	0,4
<b>SpO2 moyenne (%)</b>	82	83	81	0,23
<b>SpO2 minimale (%)</b>	71	72	70	0,32
<b>Temps passé sous 80% (minutes)</b>	67	51	82	0,36
<b>Fréquence cardiaque moyenne (bat/min)</b>	77	77	76	0,79
<b>Fréquence cardiaque mini (bat/min)</b>	60	59	60	0,94
<b>Fréquence cardiaque max (bat/min)</b>	117	121	113	0,28

*Table 12 : Récapitulatif des variables relevées par le saturomètre lors de la garde*

Il n'y a de différence significative entre les groupes « MAM+ » et « MAM - » pour aucune des variables physiologiques mesurées.

### **AU TOTAL :**

Trois éléments se sont révélés liés à la survenue de mal aigu des montagnes :

- Le sexe : il y a plus de femmes dans le groupe « MAM+ ».
- La pratique régulière du sport : les travailleurs déclarant faire du sport ont été moins atteints de mal aigu des montagnes.
- Nombre de jours à l'Aiguille du midi avant la garde : les travailleurs ayant passé 2 jours ou plus à l'Aiguille du midi avant leur garde ont été moins atteints de mal aigu des montagnes.

Il n'a pas été trouvé de différence significative entre les deux groupes concernant les autres facteurs évalués.

#### IV. LIMITES ET BIAIS DE L'ETUDE

L'étude est descriptive, observationnelle, transversale et monocentrique réalisée à l'aide d'un auto-questionnaire, et des mesures de saturation.

Plusieurs biais peuvent être notés :

- **Biais de sélection** : L'étude porte sur une population spécifique : les travailleurs effectuant des gardes de nuit à l'Aiguille du Midi sur la période d'étude. Au cours de cette période estivale, la charge de travail peut-être moins importante que sur le reste de l'année. Il y a également plus de saisonniers sur cette période qui sont généralement plus jeunes que les travailleurs permanents. Les travailleurs n'ont pas tous été inclus car ils pouvaient refuser de participer (même si ça a été peu le cas). Enfin, certains travailleurs ont été interdits de garde avec des restrictions de poste par le médecin du travail, pour raisons médicales. Il y a donc déjà une sélection sur les patients les plus susceptibles de faire des pathologies graves liées à l'altitude.

- **Biais de déclaration** : Les travailleurs ont répondu eux-mêmes au questionnaire, en fin de garde. Certains travailleurs ont pu se sentir gênés par le sentiment d'évaluation ou d'aptitude au poste même s'il a été spécifié que le questionnaire était anonyme. De plus les symptômes de mal aigu des montagnes ont tendance à être minimisés quand il s'agit de symptômes légers ou modérés.

- **Biais de mémorisation** : Certaines questions demandaient un rappel de faits : antécédents de mal aigu des montagnes, quelle altitude...

- **Biais liés à la saisie des données.**

- **Facteurs confondants** : le score de Lake Louise intègre des scores pour la fatigue et les troubles du sommeil. Or l'étude a été réalisée sur une population de travailleurs effectuant des gardes de nuit alors que leur poste principal est diurne. Il est possible que des symptômes déclarés de « fatigue » ou « trouble du sommeil » soient en partie liés à la spécificité du contexte de travail pendant la garde et pas uniquement à l'altitude.

Le faible effectif de l'étude impose un manque de puissance, mais le bon taux de participation nous laisse présager que d'autres études, sur une durée plus longue, permettraient de récolter des données sur un plus grand nombre de sujets, contrairement aux études portant sur des expéditions, où le nombre de participant est toujours limité.

## V. DISCUSSION

Le taux de participation a été bon (87%) révélant un intérêt des employés pour la question et un impact minimal de l'étude sur le travail des employés pendant la garde, ce qui était un souhait d'une part de l'employeur, d'autre part de l'équipe de recherche.

La population choisie est intéressante pour le thème car elle subit une montée rapide (par moyen motorisé) à une altitude considérée comme « haute altitude », ce qui est souvent le cas dans des contextes professionnelles, où l'acclimatation est la plupart du temps impossible. La particularité de la population étudiée est qu'il s'agit de personnes vivant dans un contexte de montagne (même s'ils ne vivent pas en altitude, comme à Chamonix par exemple), ayant une exposition à l'hypoxie répétée, par le travail et les loisirs, ce qui n'est pas le cas de tous les travailleurs exposés à une hypoxie (travail en hangars appauvris en oxygène par exemple).

### 5.1. Prévalence du Mal Aigu des Montagnes

Dans notre étude la prévalence de mal aigu des montagnes est de 47,5% pour les scores de Lake Louise de plus de 4 points (donc les MAM modérés et sévères), si l'on prend en compte tous les individus symptomatiques (donc avec un score d'au moins 1), on passe à 92,5%. Les prévalences de MAM dans la littérature sont variables. En 2015, Waeber et son équipe<sup>62</sup> ont publié une étude qu'ils ont mené où ils ont passé en revue toutes les études jusqu'en 2013 évaluant la prévalence de MAM chez des patients sans prophylaxie. La moyenne des prévalences de MAM était de 30 à 60%, mais dépendaient grandement du mode d'ascension, et donc y étaient inclus les ascensions avec acclimatation. L'étude de Murdoch en 1995<sup>39</sup> étudiait la prévalence de MAM chez des touristes montés par voie aérienne à une altitude de 3740m dans l'Himalaya. Il y a retrouvé une prévalence de MAM de 84%. Cette prévalence est plus importante que dans notre étude, mais les conditions d'ascension et l'altitude maximale atteinte sont similaires.

Une grande partie de la population étudiée a donc été symptomatique lors de leur garde à l'Aiguille du midi, cependant on peut se demander si le nombre de cas de MAM n'a pas été majoré par les éléments « fatigue » et « sommeil » figurant dans le score de Lake Louise. En effet, ces gardes sont effectuées par des travailleurs qui ont des postes de jour, et le ressenti de fatigue ou de trouble du sommeil peut aussi être lié au travail de nuit inhérent à la garde. De

plus, lorsque nous avons étudié les éléments du score de Lake Louise séparément, la répartition des prévalences des différents symptômes n'était pas la même que dans d'autres études<sup>52</sup>. La présence de céphalées est généralement le symptôme le plus fréquent (présent dans 96% des cas) alors que dans notre étude elle n'est mentionnée que dans 46% des cas (en comptabilisant les personnes prenant des antalgiques et/ou AINS pour maux de tête). L'insomnie affecte 70% des sujets ce qui est comparable à ce que nous avons trouvé dans cette étude (69%). Les troubles digestifs sont présents dans 30% des cas alors qu'ici seuls 6% des travailleurs s'en sont plaints. Enfin la fatigue était le symptôme le plus présent dans cette étude avec 89% des travailleurs rapportant une sensation de fatigue. Il est donc possible que la prévalence dans notre étude ait été majorée par le fait que les gardes sont un travail de nuit. Pour autant, nous n'avons pas trouvé de différence significative entre nos deux groupes MAM+/MAM- quant à la question de savoir si les troubles du sommeil ressentis étaient du fait du travail pendant la garde.

On peut noter que l'exercice physique et le stress favorisent l'apparition de MAM<sup>57</sup>, or l'étude a été menée l'été, saison plutôt « calme » par rapport à l'hiver où les gardes peuvent demander un effort physique plus important (principalement à cause de la neige) et où les conditions sont plus rudes. En effet, pendant l'étude, 76% des travailleurs ont qualifié la charge de travail pendant la garde comme « légère » et seulement 5% comme lourde. On peut se poser la question de savoir si la prévalence de MAM ne sera pas majorée dans ces conditions.

Si la prévalence de MAM est élevée, aucun des travailleurs n'a eu de SHAI et seulement 2 des participants ont eu un MAM sévère dont un a déclaré ses troubles du sommeil liés à l'activité. Aucun des travailleurs n'a eu besoin d'une intervention médicale pendant la garde.

## 5.2. Caractéristiques des employés et Mal Aigu des Montagnes

La composition des deux groupes MAM+/MAM- était homogène avec respectivement 19 et 21 individus.

La moyenne d'âge des participants était un peu plus jeune que la moyenne d'âge des employés de la Compagnie du Mont Blanc (30,5 vs. 35 ans), mais reste comparable à la moyenne d'âge des populations étudiées dans les études portant sur le MAM, avec 82% des participants âgés entre 18 et 40 ans. L'âge n'a pas été retrouvé comme facteur de risque de MAM, ce qui est comparable aux études sur le sujet qui n'ont montré qu'une incidence plus élevée de MAM chez les sujets jeunes (moins de 18 ans) et moins élevée chez les plus de 46 ans<sup>17, 54</sup>.

La majorité des sujets (70%) étaient des hommes, mais le sexe féminin est ressorti comme facteur favorisant l'apparition de MAM. Selon les études, l'incidence de MAM était soit identique chez les deux sexes<sup>20, 37</sup>, soit plus importante chez la femme<sup>24, 47</sup>. Mais il est souvent difficile de conclure sur le sujet car, comme dans notre étude, il y a souvent un plus faible effectif féminin dans les populations étudiées. Les auteurs semblent s'accorder pour dire que la prévalence du MAM est probablement semblable dans les deux sexes, ce qui n'est pas le cas des œdèmes localisés de haute montagne, significativement plus fréquents chez les femmes<sup>20, 51</sup>. On peut noter que les céphalées et migraines sont plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes et pourrait peut-être être un facteur confondant dans la prévalence du MAM, évalué par le score de Lake Louise, chez les femmes. Seulement un participant a déclaré être migraineux. On peut noter que seulement 2 femmes ont déclaré être sous contraceptif oestro-progestatif.

L'IMC moyen de la population est de 22,2 Kg/m<sup>2</sup>, avec une maximale à 26,05 Kg/m<sup>2</sup> donc une très grande majorité des participants ont une IMC normale. C'est un facteur important à noter puisqu'il a été montré que l'obésité est un facteur de risque de survenu de MAM<sup>23, 53</sup>, et ce d'autant plus la nuit où le nombre d'apnées du sommeil peut être majorée. Or, pendant ces gardes, si le travail le permet, les travailleurs peuvent dormir, et on peut supposer que dans ce contexte une obésité serait un facteur de risque de survenu de MAM voir de SHAI.

La population est par ailleurs plutôt en bonne santé avec pas ou peu d'antécédents médicaux et/ou de traitements habituels. Une grande majorité (91%) ont déclaré faire du sport régulièrement. Dans notre étude, la pratique d'un sport a été relié à une incidence moindre de MAM. Dans la littérature, l'influence des habitudes sportives sur l'apparition de MAM n'est pas claire. Les différentes études montrent des résultats contradictoires : Richalet et al.<sup>48</sup>, par exemple, n'ont pas trouvé de différence significative entre l'incidence du MAM chez trente alpinistes d'élite (VO<sub>2</sub>max de 54,8 ± 6,3ml/min/kg) et chez cent huit marcheurs "ordinaires" (VO<sub>2</sub>max de 48,9 ± 7,2ml/min/kg) ayant effectué la même expédition dans les mêmes conditions<sup>45</sup>. Par contre, Honigman<sup>24</sup>, a relevé, pour des altitudes de 2 000 à 3 000 mètres, que ceux qui n'avaient pas une bonne condition physique étaient plus souvent victimes du MAM (44% de malades contre 31% pour une condition physique moyenne, 26% pour une bonne condition physique et 17% lorsqu'elle est excellente). Enfin, dans l'étude de 2014 de Canouï-Poitrine et son équipe<sup>9</sup>, la pratique de sport d'endurance régulière est considérée comme facteur

de risque de MAM et utilisé dans le score global d'évaluation du risque. Les sports pratiqués par les employés dans cette étude restent divers et ne sont pas tous des sports dits d'endurance. L'étude de Bian et al.<sup>5</sup> a mis en avant que le risque de MAM monte avec fréquence cardiaque, or la pratique régulière de sport a tendance à minorer la fréquence cardiaque basale. Peut-être que c'est une piste pour expliquer notre résultat, mais cela reste discordant avec les résultats de Canoui-Poitrine et son équipe. De plus, nous n'avons pas mesuré la fréquence cardiaque basale de nos sujets en conditions normoxiques, donc nous ne pouvons nous positionner sur cette hypothèse. On peut noter que toutes les études statuant sur le sujet ont été faites dans des conditions d'alpinisme, de treks ou au moins de randonnée en montagne. Le contexte ici est différent puisque l'effort physique demandé aux travailleurs et le profil de ceux-ci ne sont pas les mêmes.

Plus de la moitié des participants sont fumeurs, mais ce facteur n'a pas été relié à l'apparition ou non de MAM. De nombreuses études ont soulevé la question du lien entre tabagisme et susceptibilité au MAM, avec des résultats contradictoires. En 2016 Vinikov et son équipe ont réalisé une méta-analyse et ont avancé que le tabac était ni un facteur favorisant, ni un facteur protecteur de MAM<sup>61</sup>.

Vingt-huit pourcent des participants ont déclaré avoir des antécédents de MAM sans qu'il y ait de différence significative entre les deux groupes. Or de nombreuses études ont démontré qu'avoir un antécédent de MAM est un facteur important dans la survenue de MAM lors d'une nouvelle exposition<sup>55</sup>. Cependant dans notre étude seuls onze personnes ont déclaré avoir déjà eu un MAM, ce qui est un faible effectif pour être représentatif. De plus, comme nous l'avons expliqué, les employés ayant eu des MAM sévères ou des contre-indications médicales ont été placés en restriction de poste avec, pour certains, une interdiction d'effectuer des gardes à l'Aiguille du midi. Les sujets étudiés sont donc déjà « sélectionnés » comme étant aptes à effectuer des gardes. D'ailleurs, seuls 5 des participants ont déclaré avoir des antécédents médicaux dont 2 des allergies saisonnières. Ces résultats sont donc difficiles à interpréter. On peut noter cependant, que sur les 12 employés déclarant prendre des antalgiques pendant la garde, 8 n'ont pas déclaré avoir des antécédents de MAM. Or les céphalées pour lesquelles ils prennent des antalgiques peuvent être un symptôme de MAM sans que les sujets ne le relient à l'altitude. Ceci peut sous-estimer le nombre de personnes avec des antécédents de MAM (qui est auto-déclaratif dans cette étude).

### 5.3. Caractéristiques du poste et Mal Aigu des Montagnes

Typiquement les symptômes de MAM apparaissent progressivement quelques heures après l'arrivée en altitude avec un maximum à 24h et une disparition au bout de quelques jours. Les sujets effectuant une garde à l'Aiguille du midi sont donc parfaitement dans l'intervalle d'apparition des symptômes.

La période d'étude était sur l'été, où le nombre d'employés saisonniers est plus élevée. Cependant il n'y avait pas de différence significative entre les groupes MAM+/MAM- sur ce point.

Parmi tous les participants, 71% n'en étaient pas à leur première garde de la saison, et 37% avait passé au moins 2 jours avant leur garde à l'Aiguille du midi. Ce dernier facteur était plus fréquent dans le groupe MAM- que dans le groupe MAM+. Ceci rejoint les résultats de Richalet et son équipe<sup>68</sup> qui ont observé que des mineurs Chiliens exposés de manière intermittente à l'altitude, par intervalle de 7 jours, nécessitait à chaque nouvelle exposition, une acclimatation, et étaient donc à risque de développer un nouveau MAM. Ici les travailleurs sont régulièrement exposés à une altitude de plus de 3800m à l'Aiguille du Midi, mais cette exposition n'est pas quotidienne puisqu'ils vont alterner sur les postes à Chamonix (1035m), au plan de l'Aiguille (2317m) et à l'Aiguille du midi (3842m). Il paraît cohérent que les employés ayant passé au moins 2 jours à l'Aiguille du midi présentent moins de MAM puisqu'ils auront eu le temps d'une certaine acclimatation. C'est dans ce contexte que le médecin du travail de la compagnie avait demandé à ce que les travailleurs effectuant des gardes aient effectué au moins 4 à 5 jours de travail en altitude avant.

### 5.4. Variables physiologiques et Mal aigu des Montagnes

Aucune des variables physiologiques mesurées pendant l'étude n'a été prédictif de la survenue de MAM. On peut noter que 8 des participants n'ont pas réalisé des enregistrements complets (saturomètre enlevé après 30-60 minutes) mais la cause de cette interruption n'est pas connue (gêne ?).

La saturation moyenne (82%) est un peu en-deçà de la saturation attendue à une telle altitude qui serait plutôt aux alentours des 90%<sup>21,67</sup>.

Dans notre étude l'oxymétrie ou la fréquence cardiaque n'ont pas été prédictives de la survenue du MAM. Plusieurs études ont étudié la question, le saturomètre étant un appareil compact et non invasif, un lien entre MAM et oxymétrie ferait de lui un outil intéressant pour tout séjour en hypoxie. Globalement, les études ayant mis en avant un lien entre désaturation et apparition de MAM l'ont fait dans un contexte d'exposition prolongée (pendant plusieurs jours)<sup>29, 30, 57</sup>. D'autres études, sur des sujets en exposition courte (sur des ascensions rapides), ce qui se rapproche plus du contexte de notre étude, n'ont pas retrouvé de lien entre la saturation artérielle en oxygène et la survenue de MAM<sup>33, 42, 64, 65</sup>. Mandolesi et al.<sup>38</sup> ont trouvé une association entre oxymétrie et prédictibilité de MAM mais uniquement pour des scores de Lake Louise supérieur à 5. Le nombre de sujets avec score de Lake Louise >5 était trop faible (n = 4) pour tester cette hypothèse dans cette étude. Luks et Swenson<sup>35</sup> avancent qu'utiliser la saturométrie pour prédire la survenue de MAM pourrait mener à de nombreuses erreurs au vu des résultats discordants des études menées jusque-là, et ce d'autant plus qu'un seuil de saturométrie qui prédirait ou non un risque accru de MAM est difficile à définir. Des données intéressantes, mais que nous n'avons pu obtenir pour des raisons logistiques, aurait été les données physiologiques de base des participants à Chamonix avant leur montée en altitude.

## VI. CONCLUSION

Les compétences apportées lors d'une consultation de médecine de montagne permettent d'évaluer le risque d'une exposition à l'hypoxie et de prévenir les situations graves, mais ceci a surtout été vérifié dans un contexte d'alpinisme et de trekking. Or le monde du travail diffère fortement de celui des sports de montagne. En effet, certains facteurs extrinsèques ne sont pas contrôlables comme en expédition, tels que la vitesse d'ascension ou l'effort physique pendant l'exposition, et les conditions physiques des populations concernées ne sont pas les mêmes. Les effets d'une exposition à une hypoxie aiguë sont connus, même si les effets d'une exposition chronique le sont moins ; pour autant aucune réglementation n'a été mise en place pour protéger les travailleurs de ces milieux particuliers.

Dans notre étude, 42% des travailleurs ont présenté un mal aigu des montagnes et ce malgré un suivi médical renforcé en médecine du travail, sélectionnant déjà les personnes les moins sensibles aux effets de l'hypoxie et aptes à effectuer ces gardes. En effet, la médecine du travail, en accord avec la compagnie, avait déjà mis en place, de sa propre initiative, un suivi médical renforcé, avec une consultation complète recherchant des contre-indications médicales à l'exposition à l'hypoxie ainsi que des facteurs de risques ou antécédents particuliers en altitude. Parmi les employés ayant présenté un MAM, très peu de travailleurs ont eu un mal aigu des montagnes sévère et aucun n'a présenté de SHAI. La mesure de suivi médical renforcé déjà instaurée pourrait expliquer l'absence de cas graves de pathologies liés à l'hypoxie puisque les travailleurs les plus à risque n'ont pas été exposés. Mais la prévalence importante des cas de mal aigu des montagnes chez ces travailleurs aptes, pendant la saison la moins intense, rappelle que l'environnement de travail inhérent à ces postes induit des réponses physiologiques importantes et une surveillance médicale renforcée, *a minima*, paraît raisonnable, mais pour le moment non obligatoire. Ceci met en avant l'importance de la consultation médicale à l'embauche qui doit rechercher des contre-indications à l'exposition à l'altitude avec éventuellement un test à l'hypoxie pour les personnes ayant des antécédents de MAM ou des facteurs de risques. C'est aussi un temps privilégié pour l'éducation des travailleurs sur les risques de l'exposition à l'hypoxie, sur les pathologies liées à l'altitude et sur la conduite à tenir en cas de symptômes. Le suivi est tout aussi important, permettant de renforcer l'éducation des travailleurs sur le sujet ainsi que de détecter des modifications de la santé des personnes concernées ou des événements particuliers liés à l'hypoxie. Enfin, la gestion des plannings de

gardes, avec des jours de travail en altitude avant la prise de garde semble être important pour limiter l'impact de l'hypoxie pendant les gardes.

Notre étude se voulait être une première réflexion sur le sujet des risques pour les travailleurs d'une exposition professionnelle à l'hypoxie. L'effectif faible ne permet pas de conclure formellement mais montre tout de même la nécessité de récolter plus de données sur le sujet. En effet peu de données existent sur l'hypoxie dans un contexte de travail, non seulement sur les effets en aigue, connus, mais également et surtout en chronique, qui sont bien moins connus. On peut se poser la question de la nécessité d'une législation claire sur le sujet afin de protéger au mieux ces travailleurs de plus en plus nombreux par le biais de la prévention, du suivi et de l'information.

### **Perspectives :**

Cette réflexion nous a permis de dégager plusieurs points qui pourraient être améliorés dans un prochain travail.

Il pourrait être intéressant de continuer à récolter des données sur la même population sur une période plus longue, un an par exemple, afin de balayer toutes les saisons et d'avoir un effectif plus représentatif. Il serait également utile d'avoir une idée de la prévalence du MAM chez les mêmes travailleurs hors garde, donc de jour, afin de déterminer si les gardes la nuit sont un facteur de risque de MAM. Enfin, les données physiologiques de base des travailleurs (donc à Chamonix) auraient pu apporter des informations sur les variations de celles-ci lors de l'exposition rapide à l'hypoxie et nous auraient permis d'établir éventuellement un lien avec l'apparition ou non de MAM. Une étude multicentrique permettrait d'avoir une idée plus précise et globale de la prévalence de MAM dans le contexte professionnel.

Un suivi formalisé, à long terme, idéalement sur plusieurs années et au-delà de la fin d'exposition pourrait être nécessaire afin de déterminer s'il y a un risque à long terme d'une exposition répétée à l'hypoxie.

Notre questionnaire a plusieurs éléments qui pourraient être améliorés :

- L'élément « charge de travail » pourrait être plus précis, avec un nombre réel de réveils inhérents au travail, niveau de stress, niveau de travail physique etc.
- L'élément sur la « pratique du sport » devrait être éclairci quant aux différents sports effectués, notamment d'endurance et en altitude (alpinisme etc.).
- Peut-être qu'un recueil des altitudes visitées (au travail et en loisir) avant les gardes pourrait apporter des informations plus précises sur le planning optimal à instaurer pour limiter l'apparition de MAM.
- Les éléments « fatigue » et « troubles du sommeil » du score de Lake Louise pourraient être précisés pour éviter de confondre les symptômes liés à l'hypoxie et les effets inhérents au poste de travail de nuit.
- Il pourrait être intéressant de rajouter un volet sur les connaissances des travailleurs sur les symptômes du MAM.

Des études sur l'intérêt d'un test à l'hypoxie dans une consultation de médecine de travail pour un poste en hypoxie pourraient être utiles. En effet ce test a surtout été évalué dans un contexte de sport d'altitude, mais pourrait avoir un intérêt dans la prévention dans ce contexte en médecine du travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- AFSSET, BELIN L, mémoire de fin d'études (Ecole des hautes études en santé publique). Elaboration d'une méthode proposant des valeurs limites minimales en oxygène pour l'exposition des travailleurs à des atmosphères hypoxiques. Septembre 2009. 52p.
- 2- AFSSET. Risques sanitaires liés à l'utilisation de l'azote liquide dans le cadre des activités d'assistance médicale à la procréation. Rapport d'expertise et recommandations. Avril 2008. 144p.
- 3- ARRETE du 8 Juin 1990 relatif à la teneur minimale en oxygène ainsi qu'aux teneurs limites en substances dangereuses admissibles dans l'atmosphère des travaux souterrains. AE – 1 – A, article 4, paragraphe 1.
- 4- BARTSCH P, SWENSON ER. Acute high-altitude illnesses. *N Engl J Med*; 368:2294-302, 2013.
- 5- BIAN SZ, Jin J, ZHANG JH, LI QN, YU J, YU SY, CHEN JF, YU XJ, QIN J et HUANG L. Principal component analysis and risk factors for acute mountain sickness upon acute exposure at 3700m. *PLoS One*. 10(11) : e0142375. November 2015.
- 6- BOARD ON ENVIRONMENTAL STUDIES AND TOXICOLOGY. Subcommittee on emergency and continuous exposure guidance level for submarine contaminants. Committee on toxicology, Nation Research Council. 2007
- 7- BOUSSUGUES A, MOLENAT F, BURNET H, CAUCHY E, GARDETTE B, SAINTY JM, JAMMES Y et RICHALET JP. Operation Everest III (COMEX '97) : modifications of cardiac function secondary to altitude induced hypoxia : an echocardiographic and Doppler study. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 161 : 264-270. 2000.
- 8- Brochure « Santé et altitude ». ARPE, FFME, ENSA et CAFéds. 7è édition. 60p. 2016.
- 9- CANOUI-POITRINE F, VEERABUDUN K, LARMIGNAT P, LETOURNEL M, BASTUJI-GARIN S et RICHALET JP. Risk prediction score for severe high altitude illness : a cohort study. *PLoS ONE*, 9(7), e100642. July 2014.
- 10- CHANG KC, MORILL CG et CHAI H. Impaired response to hypoxia after bilateral carotid body resection for treatment of bronchial asthma. *Chest*. Vol 73, 667-669. 1978.
- 11- CHEN YC, LIN FC, SHIAO GM et CHANG SC. Effect of rapid ascent to high altitude on autonomic cardiovascular modulation. *Am. Journal Med. Sci*. 336(3) : 248-253. Sept 2008.
- 12- CNRS, IRD, IRSTEA, MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE. Le travail en haute altitude. Publication interne, groupe missions. 31p, Janvier 2012.
- 13- DECRET n° 2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare.
- 14- EASA : CS 25.1447 Equipment standards for oxygen dispensing units & CS 25.841 Pressurised cabins. 23 Juin 2016.
- 15- ECKARDT KU, BOUTELLTER U, KURTZ A, SCHOPEN M, KOLLER EA et BAUER C. Rate of erythropoietin in humans in response to acute hypobaric hypoxia. *Journal of applied physiology*. 6, 1785-1788. 1989.
- 16- FAULHABER M, WILLE M, GATTERER H, HEINRICH D et BURTSCHER M. Resting arterial oxygen saturation and breathing frequency as predictors for acute mountain sickness development : a prospective cohort study. *Sleep and breathing*, Vol. 18, Issue 3 : 669-674. Sept 2014.
- 17- GAILLARD S, DELLASANTA P, LOUTAN L, KAYSER B. Awareness, prevalence, medication use, and risk factors of acute mountain sickness in tourists trekking around the Annapurnas in Nepal: a 12-year follow-up. *High Alt Med Bio*; 5:410-419. 2004.

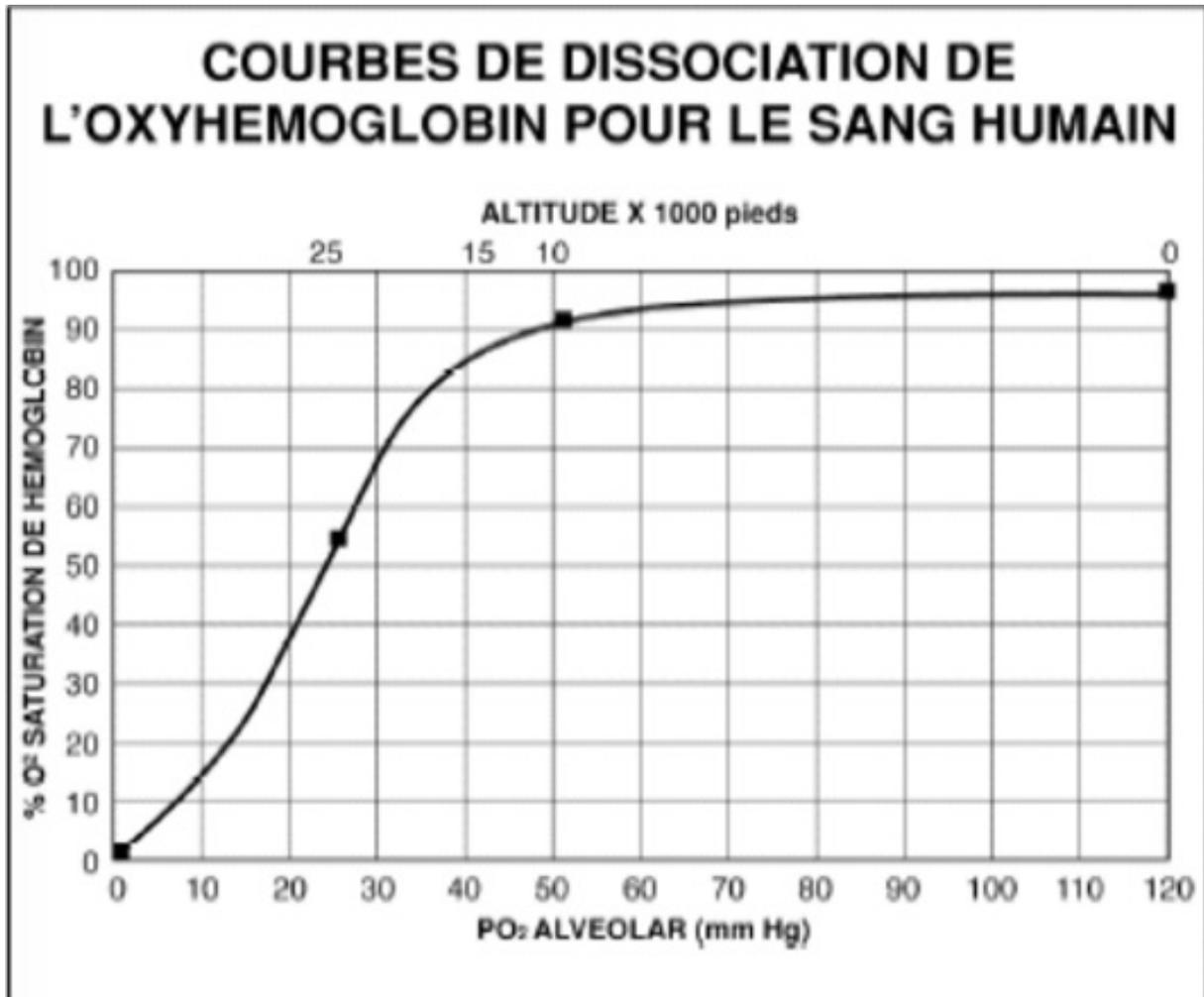
- 18- GOLDENBERG F, RICHALET JP, KEROMES A, RATHAT C et DANTLO B. Poor sleep induced by high altitude hypoxia. Effects of a thienodiazepine, Brotizolam. *In Sleep '84*. 1985.
- 19- GRAY GW, BRYAN AC, FRAYSER R, HOUSTON CS et RENNIE D. Control of acute mountain sickness. *Aerospace med.* 42, 81-84. 1971.
- 20- HACKETT PH, RENNIE ID, LEVINE HD. The incidence, importance, and prophylaxis of acute mountain sickness. *Lancet* 2(7996):1149-1154. 1976.
- 21- HACKETT PH et ROACH RC: *High-Altitude Medicine*. In: Auerbach PS (ed): *Wilderness Medicine*, 3rd edition; Mosby, St. Louis, MO; 1-37. 1995.
- 22- HARRISSON MF, ANDERSON PJ, JOHNSON JB, RICHERT M, MILLER AD et JOHNSON BD (2016) Acute Mountain Sickness Symptom Severity at the South Pole: The Influence of Self-Selected Prophylaxis with Acetazolamide. *PLoS ONE* 11(2): e0148206. 2016.
- 23- HIRATA K, MASUYAMA S, SAITO A. Obesity as risk factor for acute mountain sickness. *Lancet*, 1040-1041. 1989.
- 24- HONIGMAN B, THEIS MK, KOZIOL-MCLAIN J, ROACH R, YIP R, HOUSTON C et MOORE LG. Acute mountain sickness in a general tourist population et moderate altitudes. *Annals of internal medicine*. 15th<sup>h</sup> April 1993.
- 25- HOUSTON C. *Monter plus haut*. Arnette, Paris, 1982.
- 26- INRS. Les espaces confinés, fiche technique ED 967. 28p, Juillet 2006.
- 27- INRS. Travaux dans une atmosphère appauvrie en oxygène – Préconisations pour la protection des travailleurs et prévention. ED 6126. 14p. Février 2012.
- 28- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD ET HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 223 : trabajos en recintos confinados. 9p. 1988.
- 29- KARINEN HM, PELTONEN JE, KAHONEN M, TIKKANEN HO. Prediction of acute mountain sickness by monitoring arte- rial oxygen saturation during ascent. *High Alt Med Biol*; 11:325–332. 2010.
- 30- KOEHLE MS, GUENETTE JA, WARBUTON DER. Oximetry, heart rate variability, and the diagnosis of mild-to- moderate acute mountain sickness. *Eur J Emerg Med.*; 17:119 –122. 2010.
- 31- KUPPER Th, MILLEDGE JS, HILLEBRANDT D, KUBALOVA J, HEFTI U, BASNAYT B, GIESELER U, PULLAN R et SCHOFFL V. Déclaration de consensus de la commission médicale UIAA, Vol 15. Travail en conditions hypoxiques. Union internationale des associations d'alpinisme. 2009, màj Juillet 2012.
- 32- LARSON EB, ROACH RC, SCHOENE RB et HORNBEIN TF. Acute mountain sickness and acetazolamide. Clinical efficacy and effect on ventilation. *JAMA*. 248 : 328-332. 1982.
- 33- LEICHTFRIED V, BASIC D, BURTSCHER M, GOTHE RM, SIEBERT U et SCHOBERSBERGER W. Diagnosis and prediction of the occurrence of acute mountain sickness measuring oxygen saturation -- independent of absolute altitude? *Sleep and breathing*. 20(1) : 435-442. Mars 2016.
- 34- LEÓN-VELARDE F, MAGGIORINI M, REEVES JT, ALDASHEV A, ASMUS I, BERNARDI L, GE RL, HACKETT P, KOBAYASHI T, MOORE LG, PENALOZA D, RICHALET JP, ROACH R, WU T, VARGAS E, ZUBIETA- CASTILLO G AND ZUBIETA-CALLEJA G. Consensus statement on chronic and subacute high altitude diseases. *High Alt Med Biol*. 6(2):147-1157. 2005
- 35- LUKS AM, SWENSON ER. Pulse oximetry at high altitude. *High Alt Med Biol.*;12:109 –119. 2011.
- 36- LYONS TP, MUZA SR, ROCK PB et CYMERNAN A. The effect of altitude preacclimitization on acute mountain sickness during re-exposure. *Aviation space environ. medicine*. Vol. 66, 957-962. 1995.

- 37- MAGGIORINI M, BUHLER B, WALTER M et OELZ O. Prevalence of acute mountain sickness in the swiss Alps. *Br. Med. Journal*; 301, 853-855. 1990.
- 38- MANDOLESI G, AVANCINI G, BARTESAGHI M, BERNARDI E, POMIDORI L et COGO A. Long-term monitoring of oxygen saturation at altitude can be useful in predicting the subsequent development of moderate-to-severe acute mountain sickness. *Wilderness Environment. Medicine*. 25 (4) : 384-391. Dec 2014
- 39- MURDOCH DR. Altitude illness among tourists flying to 3740 meters elevation in the Nepal Himalayas. *J Travel Med*; 2: 255–256. 1995.
- 40- NUSSBAUMER-OCHSNER Y; URSPRUNG J; SIEBENMANN C; MAGGIORINI M et BLOCH KE. Effect of short-term acclimatization to high altitude on sleep and nocturnal breathing. *SLEEP*; 35(3):419-423. 2012.
- 41- OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. 29CFR 1910 146. 1999.
- 42- O'CONNOR T, DUBOWITZ G, BICKLER PE. Pulse oximetry in the diagnosis of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol*. 5:341–348. 2004.
- 43- Réglementation Pays-Bas Beleidsregel 4.4-10. 2002.
- 44- Réglementation Canada-Ontario sur la maîtrise des expositions aux agents biologiques et chimiques R.R.O., Reg 833. 1990.
- 45- Réglementation sur la santé et la sécurité du travail du Québec-CANADA : R.Q.c. S-2.1, r. 19.01. 2001.
- 46- RATHAT C, RICHALET JP, HERRY JP et LARMIGNAT P. Detection of high risk subjects for high altitude diseases. *Int. journal of sports medicine*. 13 suppl 1 : S76-78. Oct 1992.
- 47- RICHALET JP, KEROMESA, DERSCH B, CORIZZI F, MEHDIOUI H, POPHILLAT B, CHARDONNET H, TASSERY F, HERRY JP, RATHAT C, CHADUTEAU C et DARNAUD B. Caractéristiques physiologiques des alpinistes de haute altitude. *Science et sports*, vol 3. 89-108. 1988.
- 48- RICHALET JP, KEROMES A, CARILLION A, MEHDIOUI H, LARMIGNAT P, RATHAT C. Réponse cardiaque à l'hypoxie et susceptibilité au mal des montagnes. *Arch Mal Cœur Vaiss* ; 82 Spec No 2 : 49-54. 1989.
- 49- RICHALET JP et RATHAT C. *Pathologie et altitude*. Masson, Paris. 1991
- 50- RICHALET JP. High altitude pulmonary oedema : still a place for controversy?. *Thorax*; 50 : 923-929. 1995.
- 51- RICHALET JP, CLOUX E, RATHAT C, LARMIGNAT P, MARIE D et VINCENT A. Influence of gender on susceptibility to AMS. *Acta Andina*, 5, 71. 1996.
- 52- RICHALET JP, HERRY JP. *Médecine d'altitude et des sports de montagnes*. 4e éd. Paris: Masson. 336p. 2006
- 53- RICHALET JP. Altitude et système cardiovasculaire. *La presse médicale*. Tome 41, n°6, 638-643. Juin 2012.
- 54- RICHALET JP, LARMIGNAT P, POITRINE E, LETOURNEL M et CANOUI-POITRINE F. Physiological risk factors for severe high altitude illness, a prospective cohort study. *Am. Journal of resp. and critical care medicine*. Vol 185, 192-198. 2012.
- 55- RICHALET JP, LHUISSIER FJ, LARMIGNAT P et CANOUI-POITRINE F. Evaluation de la tolérance à l'hypoxie et susceptibilité aux pathologies de haute altitude. *Sciences et sport*. Vol 30, 355-363. 2015.
- 56- ROACH RC, GREENE ER, SCHOENE RB, HACKETT PH. Arterial oxygen saturation for prediction of acute mountain sickness. *Aviat Space Environ Med*; 69:1182–1185. 1998.
- 57- ROACH RC, MAES D, SANDOVAL D, ROBERGS RA, ICENOGLE M, HINGHOFER-SZALKAY H, LIUM D et LOEPPKY JA. Exercise exacerbates acute mountain sickness at simulated high altitude. *Journal of applied physiology*. 88(2) : 581-585. Feb 2000.

- 58- SALVAGGIO A, INSALACO G, MARRONE O, ROMANO S, BRAGHIROLI A, LANFRANCHI P, PATRUNO V, DONNER CF et BONSIGNORE G. Effects of high-altitude periodic breathing on sleep and arterial oxyhaemoglobin saturation. *Eur Respir J*; 12 : 408-413. 1998.
- 59- SAVOUREY G, LAUNAY JC, BESNARD Y, GUINET A et TRAVERS S. Normo- and hypobaric hypoxia : are there any physiological differences? *European Journal of Applied Physiology*. 89 (2) : 122-126. Avril 2003.
- 60- SUTTON JR, COATES G et HOUSTON CS. The Lake Louise consensus on the definition and quantification of altitude illness. In : *Hypoxia and mountain medicine*. 327-330. 1992.
- 61- VINIKOV D, BLANC PD et STEINMAUS C. Is smoking a predictor for acute mountain sickness? Findings from a meta-analysis. *Nicotine and Tobacco research*; 1509-1516. 2016.
- 62- WAEBER B, KAYSER B, DUMONT L, LYSAKOWSKI C, TRAMER MR., ELIA N. Impact of Study Design on Reported Incidences of Acute Mountain Sickness: A Systematic Review. *High Altitude Medicine & Biology*, 16:3, 204-215. 2015.
- 63- WAGGENER TB, BRUSIL PJ, KRONAUER RE, GABEL RA et INBAR GF. Strength and cycle time of high-altitude ventilatory patterns in unacclimatized humans. *The American Physiological Society*. 01061-7567/84. 1984.
- 64- WAGNER DR, FARGO JD, PARKER D, TATSUGAWA K, YOUNG TA. Variables contributing to acute mountain sickness on the summit of Mt Whitney. *Wilderness Environ Med*.;17:221-228. 2006.
- 65- WAGNER DR, KNOTT JR et FRY JP. Oxymetry fails to predict acute mountain sickness or summit success during a rapid ascent to 5640 meters. *Wilderness environment medicine*. 23 (2) : 114-121. June 2012.
- 66- WARD PW, MILLEDGE JS et WEST JB. *High Altitude Medicine and Physiology*. Edition Chapman & Hall Medical, Londres, pp. 32-48. 1995.
- 67- WEDMORE I et BROOKS TL. Altitude illness: strategies in prevention, identification, and treatment. *Emergency medicine practice*, Vol. 9, n°3. March 2007.
- 68- RICHALET JP, DONOSO MV, JIMENEZ D, ANTEZANA AM, HUDSON C, CORTES G, OSORIO J et LEON A. Chilean miners commuting from sea level to 4500m : a prospective study. *High altitude medicine and biology*. Vol 3, n° 2, 159-166. 2002.
- 69- MAGGIORINI M, MULLER A, HOFSTETTER D, BARTSCH P et OELZ O. Assesment of acute mountain sickness by different score protocols in the Swiss Alps. *Aviat Space Environ Med*. 69, 1186-1192, 1998.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Courbe de dissociation de l'hémoglobine



Source : [www.tc.gc.ca](http://www.tc.gc.ca). Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile. Section 2 « Hypoxie et Hyperventilation »

## Annexe 2 : Ciruculaire ministérielle de 1989 quant aux missions en altitude

L'EDUCATION NATIONALE,  
DE LA JEUNESSE ET DES  
SPORTS

PARIS, le 24 MARS 1989

Direction des Universités, des  
Sous-enseignements supérieurs  
et de l'enseignement supérieur  
Bureau D.P.E.S. 3

LE MINISTRE D'ETAT, MINISTRE DE  
L'EDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE  
ET DES SPORTS

ARRIVÉE D.E.S.  
- 5. AVR. 1989  
RECTORAT DE CRÉTEIL

UNIVERSITE PARIS VII - CLERMONT  
13. AVR. 1989  
COURRIER ARRIVE  
N° 689

JND/MS/n°

157

MESDAMES ET MESSIEURS LES CHEFS D'ETABLISSEMENTS PUBLICS D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

S/C MESDAMES ET MESSIEURS LES RECTEURS

MESDAMES ET MESSIEURS LES PRESIDENTS ET DIRECTEURS DES ECOLES NORMALES SUPERIEURES ET DES GRANDS ETABLISSEMENTS

ACADEMIE DE CRETEIL  
- 5. AVR. 1989  
BUREAU DU COURRIER

O B J E T : Missions en haute altitude (supérieure à 2 500 M).  
Contrôle médical préalable.

Au cours d'une mission en haute altitude (supérieure à 2 500 M), des symptômes du mal aigu des montagnes liés à la raréfaction de l'oxygène et à la pression atmosphérique réduite peuvent apparaître chez certains sujets.

Si les manifestations sont le plus souvent bénignes, dans quelques cas, elles peuvent entraîner des conséquences graves ; aussi, importe-t-il, pour minimiser les risques, de mettre en oeuvre un contrôle médical préalable.

La délivrance d'un ordre de mission pour un séjour supérieur à une journée en haute altitude sera désormais soumise à la production d'un certificat médical, daté de moins d'un mois, attestant l'aptitude à un tel séjour délivré par le médecin de prévention ou l'un des médecins de prévention compétents pour l'établissement d'affectation de l'intéressé.

Avant le premier séjour en haute altitude, le médecin de prévention devra prescrire un test d'aptitude à l'hypoxie (manque d'oxygène) réalisable dans les services spécialisés des établissements hospitaliers régionaux ou à la consultation de médecine de montagne à l'Hôpital Jean Verdier à BONDY (tél. : 48.47.31.03 - Poste 41-75) ou à l'Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme de CHAMONIX - Place du Mont Blanc - (tél. : 50.53.04.44).

Vu et

Transmis le 12 AVR. 1989

D.E.S. CRÉTEIL

.../...

Pour le Recteur et par délégation  
Le Chef de la division de l'enseignement supérieur

Catherine GALARNEAU-MESSANA

## Annexe 3 : Questionnaire de l'étude et Score de Lake Louise

*Etude observationnelle, transversale, monocentrique, de la prévalence de symptômes de mal aigu de montagne corrélée à la saturation nocturne chez les travailleurs effectuant des gardes de nuit à l'Aiguille du midi (3 842m d'altitude) (version du 13/07/2016)*

Responsable de l'étude : Dr Patrick Guichebaron, Service Inter-Entreprises Santé au Travail, 780 avenue André Lasquin, 74700 Sallanches ; tel: 04 50 58 38 99

**Juillet-Septembre 2016**

Madame, Monsieur,

Nous menons actuellement une étude qui s'inscrit dans le cadre d'un travail plus global sur l'impact du travail en hypoxie sur la santé des travailleurs (en altitude ou en milieu artificiellement appauvri en oxygène). Les effets de l'hypoxie sur l'organisme sont bien connus dans le contexte de la montée en altitude en loisir (trek, alpinisme, expéditions), mais l'impact (s'il existe) des expositions répétées dans un contexte de travail est moins connu. Nous avons choisi l'Aiguille du midi pour mener cette étude, notamment sur les travailleurs y effectuant des gardes de nuit, dont vous faites partie.

Nous allons vous équiper d'un appareil permettant de mesurer votre saturation en oxygène ainsi que votre fréquence cardiaque pendant la durée de votre garde. Cet appareil doit être mis en place au coucher, et retiré au lever. Nous allons également vous distribuer un questionnaire qui est à compléter en fin de garde. En début de chaque garde vous allez rencontrer des investigateurs qui vous expliqueront l'étude et qui sont à votre disposition tout au long de votre garde si vous avez des questions.

Votre participation est basée sur le volontariat et vous pouvez vous retirer de l'étude à tout moment sur simple demande. L'objet de ce travail est uniquement de récolter des données qui vont être anonymes et confidentielles. Ces données ne seront en aucun cas une évaluation de votre aptitude au poste et ne seront pas transmises à votre employeur.

En vous remerciant d'avance de votre participation, nous vous souhaitons une bonne garde !

## Morphométrie et données médicales

Age :

Poids (Kg) :

Taille (m) :

Sexe :

Fumeur :

Oui            Non

Prenez-vous des médicaments habituellement ?

Oui            Non

Si oui, lesquels :

Prenez-vous des médicaments pendant la garde ?

Oui            non

Si oui lesquels ?

Aspirine ou Ibuprofene ?

paracetamol ?

diamox ?

primperan ?

Somnifère ?

Autre ?

Avez-vous des pathologies médicales ?

Oui            Non

Si oui, lesquelles :

- Migraines
- Pathologies des coronaires
- Autre pathologie cardiaque : laquelle ?
- Hypertension
- Asthme
- Bronchite chronique

- Autre pathologie pulmonaire : laquelle ?
- Epilepsie
- Diabète : avec ou sans insuline ?
- Pathologie rénale : laquelle ?
- Autres ?

Avez-vous déjà ressenti des symptômes de mal aigu des montagnes ?

Oui                      Non

Si oui, le(s)quel(s) :

A quelle altitude :

Pratiquez-vous du sport ?

- Oui
- Non

Si oui, le(s)quel(s) :

- Course à pied :    Km/semaine
- Vélo :                                      Km/semaine
- Natation :                                Heures/semaine
- Alpinisme :                                Heures/semaine
- Autres :                                    /semaine

Combien de saisons avez-vous effectué à la Compagnie du Mont Blanc ?

### **Questions concernant votre garde**

Combien de temps s'est écoulé entre votre prise de poste (début de saison) et votre première garde ?

Au cours de cette saison, la garde que vous effectuez actuellement est-elle la :

1<sup>ère</sup>                      2<sup>ème</sup>                      3<sup>ème</sup>                      >3<sup>ème</sup>

A quelles altitudes (les plus hautes) avez-vous séjourné il y a :

- Un jour :
- Deux jours
- Trois jours :
- Quatre jours :

Comment évaluez-vous la charge de travail physique effectuée pendant cette garde ?

- Légère
- Modérée
- Lourde

Combien de temps avez-vous pu dormir pendant cette garde ?

## Score de Lake Louise

Veillez entourer la réponse la plus appropriée

### 1/ Mal de tête

- 0- Absence de symptômes
- 1- Léger
- 2- Modéré
- 3- Sévère, incapacitant

### 2/ Symptômes gastro-intestinaux :

- 0- Absence de symptômes
- 1- Perte d'appétit et/ou nausées légères
- 2- Nausées modérées et/ou vomissements
- 3- Nausées sévères ET vomissements incapacitantes

### 3/ Fatigue et/ou état de faiblesse :

- 0- Pas fatigué et en forme
- 1- Légère fatigue/faiblesse
- 2- Fatigue ou faiblesse modérée
- 3- Fatigue et/ou faiblesse importante, incapacitante

### 4/ Vertiges/étourdissements :

- 0- Pas de vertige
- 1- Vertiges légers
- 2- Vertiges modérés
- 3- Vertiges forts, incapacitants

### 5/ Qualité de sommeil :

- 0- J'ai aussi bien dormi que d'habitude
- 1- Je n'ai pas aussi bien dormi qu'à l'accoutumée
- 2- Nombreux réveils, sommeil de mauvaise qualité
- 3- Je n'ai pas pu dormir du tout

Veillez préciser si ces perturbations de sommeil sont dues à l'activité pendant la garde :

- Oui
- Non

## FIGURES ET TABLES

Figure 1 Pression partielle d'O <sub>2</sub> et équivalent de % d'oxygène en fonction de l'altitude .....	1
Figure 2 : Fréquence du MAM en fonction de l'altitude. Source : Rathat et al. 1992 .....	5
Figure 3 : Contre-indications à un séjour en altitude. Source : Richalet et al. 2015.....	7
Figure 4 Classification des risques d'hypoxie et les mesures de précautions par l'UIAA. ....	12
Figure 5 : Oxymètre de pouls CMS 50 F.....	17
Figure 6 : Diagramme des flux .....	19
Figure 7 Répartition des âges.....	20
Figure 8 Répartition des IMC .....	21
Figure 9 Traitements pendant la garde.....	22
Figure 10 Répartition des symptômes chez les travailleurs ayant un antécédent de MAM ....	23
Figure 11 : Nombre de jours entre la prise de poste et la garde.....	25
Figure 12 : Place de la garde étudiée dans la saison .....	25
Figure 13 : Charge de travail pendant la garde .....	26
Table 1 Résumé des effets de l'altitude. Source Richalet JP, 2006 .....	13
Table 2: Données anthropométriques .....	20
Table 3 Récapitulatif des modes de vie et pathologies des sujets.....	21
Table 4 : Antécédent de mal aigu des montagnes.....	23
Table 5 : Récapitulatif des résultats du score de Lake Louise .....	23
Table 6 : Récapitulatif des éléments du score de Lake Louise .....	24
Table 7 : Récapitulatif du lien entre trouble du sommeil et activité.....	24
Table 8 : Récapitulatif du statut des travailleurs.....	25
Table 9 : Récapitulatif des altitudes maximales atteintes les jours précédant la garde .....	26
Table 10 : Récapitulatif du ressenti de l'importance de la charge de travail.....	26
Table 11 : Récapitulatif du nombre de jours passés à l'Aiguille du midi avant la garde .....	27
Table 12 : Récapitulatif des variables relevées par le saturomètre lors de la garde .....	27

---

NOM : HUNT

Prénom : Jennifer

---

**Etude observationnelle, transversale, monocentrique, de la prévalence de symptômes de mal aigu des montagnes corrélée à la saturation artérielle en oxygène nocturne chez les travailleurs effectuant des gardes de nuit à l'Aiguille du Midi (3 842m d'altitude)**

---

**Ville et date de soutenance :** Toulouse, le 27 Mars 2017

**Directeur de thèse :** Prof. RICHALET Jean-Paul

---

**Objectif :** Ce travail est une première réflexion sur le sujet du suivi médical des travailleurs en hypoxie avec une récolte de données (prévalence de mal aigu des montagnes et facteurs de risques associés) sur une population de travailleurs effectuant des gardes de nuit à l'Aiguille du midi sur une période de 3 mois.

**Matériel et méthodes :** l'étude est observationnelle, transversale, prospective et monocentrique concernant 46 travailleurs ayant rempli un questionnaire comportant, entre autres, le score de Lake Louise, et dont on a mesuré la saturation artérielle en oxygène et la fréquence cardiaque pendant la garde.

**Résultats :** 42% des travailleurs ont eu un mal aigu des montagnes (non sévère) et trois facteurs de risque de la survenue de mal aigu des montagnes ont été retrouvés : le sexe féminin, l'absence de sport régulier et une exposition à l'Aiguille du midi de moins de deux jours avant la garde.

**Conclusion :** cette étude met en avant la nécessité du suivi particulier de ces travailleurs par la médecine du travail et le manque de données et de réglementation sur le sujet.

---

**Prevalence and nocturnal saturation of Acute Mountain Sickness (AMS) in a population working night shifts at the Aiguille du midi cable car station (3 842m)**

**Objective:** to determine the prevalence of AMS and associated risk factors in workers on night shifts at the Aiguille du midi cable car station over a 3-month period.

**Materials and methods:** this prospective, observational, and mono-centric study was based on 46 workers who filled a questionnaire and had their blood saturation and heart rates recorded during their night shifts.

**Results:** 42% of the workers presented with (non-severe) AMS and three risk factors were identified: female gender, absence of regular sports, less than two days spent at the Aiguille du midi before the studied night shift.

**Conclusion:** this study puts forward the need for more data and recommendations concerning the health and safety of employees with occupational exposure to hypoxic situations.

---

**Mots-clés :** Hypoxie ; Altitude ; Mal aigu des montagnes ; Travail

---

**Discipline administrative :** MEDECINE GENERALE

---

Faculté de Médecine Rangueil – 133 route de Narbonne – 31062 TOULOUSE Cedex 04 - France

---