



UNIVERSITÉ DE LILLE  
**FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG**  
Année : 2021/2022

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Survenue de Phénomènes Hallucinatoires en Milieux Exceptionnels  
et Extrêmes.**

Présentée et soutenue publiquement le 29/04/2022 à 13h  
Au Pôle Formation  
**Par Anne Marcuz**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur Guillaume VAIVA**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Professeur Olivier COTTENCIN**

**Monsieur le Docteur Charles- Edouard NOTREDAME**

**Directeur de thèse :**

**Monsieur le Professeur Renaud JARDRI**



# INDEX

<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>I. DESCRIPTIONS PHENOMENOLOGIQUES.....</b>	<b>12</b>
LE TROISIEME HOMME/ THE THIRD MAN/THE SENSED PRESENCE.....	13
EXPEDITIONS POLAIRES (SHACKLETON, L'ODYSEE DE L'ENDURANCE. 1988).....	14
L'ALPINISME : L'AMI INVISIBLE.....	17
SPELEOLOGIE : STEPHANIE SCHWABE (ET ROB PALMER) .....	23
NAVIGATION EN SOLITAIRE : JOSHUA SLOCUM.....	26
PLONGEE.....	29
<b>II. CLINIQUE.....</b>	<b>30</b>
1. L'ALPINISME .....	30
a. Phénomènes hallucinatoires dans la littérature .....	30
b. Phénomènes hallucinatoires chez des alpinistes à Extrême Altitude..	31
c. Hallucinations cénesthésiques.....	34
d. Episodes Psychotiques de Haute Altitude.....	36
e. Œdème Cérébral de Haute Altitude.....	42
f. Effet zone de mort.....	45
g. Auto-questionnaire HAPSY-Q.....	48
2. LA NAVIGATION.....	52
3. LA PLONGEE.....	54
a. Phénomènes hallucinatoires dans la littérature.....	55
b. L'échelle narcotique d'Edmonds.....	56

<b>III. LES MECANISMES PHYSIOLOGIQUES EXPLIQUANT LA SURVENUE</b>	
<b>D'HALLUCINATIONS.....</b>	<b>57</b>
1. HYPOXIE HYPOXEMIE HYPOBARIE : LES HAUTES ALTITUDES.....	57
a. Hypobarie.....	58
b. Hypoxie hypoxémie.....	60
c. Le parallèle avec l'aviation.....	61
d. Impact fonctionnel.....	62
e. Mal Aigue de Montagne et Œdème Cérébral de Haute Altitude.....	63
f. Hallucinations et troubles neurologiques.....	67
▪ L'apport de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle dans la compréhension des mécanismes du phénomène hallucinatoire.....	67
▪ L'apport de l'IRMf dans l'étude du phénomène hallucinatoire de haute altitude.....	69
▪ Les mécanismes sous-jacents de l'hallucination de haute altitude.....	70
g. L'effet zone de mort (death zone) .....	73
2. RESTRICTION ET PRIVATION DE SOMMEIL.....	75
• LES HAUTES ALTITUDES.....	75
• LA HAUTE MER.....	78
3. HYPERBARIE, NARCOSE AUX GAZ INERTES : LES GRANDES PROFONDEURS.....	81
a. Narcose aux gaz inertes.....	81
b. La théorie lipidique.....	84
c. La théorie protéique.....	85
d. Le Syndrome Nerveux des Hautes Pressions (SNHD).....	87
<b>IV. LES MECANISMES PHYSIOLOGIQUES EXPLIQUANT LA SURVENUE</b>	
<b>D'HALLUCINATIONS.....</b>	<b>88</b>
1. ISOLEMENT SOCIAL.....	88

2. LE TROISIEME HOMME/ THE THIRD MAN/THE SENSED PRESENCE.....	90
3. ISOLEMENT PERCEPTUEL : L'EFFET GANZFELT.....	91
4. ISOLEMENT SENSORIEL.....	93
5. PERIL IMMINENT, DANGER DE MORT.....	94
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>96</b>
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>102</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>104</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXE 1 CAPS Items Broken Down by Preselected Category of Anomalous</b>	
Expérience.....	121
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>125</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>126</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

**CAPS** : *Cardiff Anomalous Perceptions Scale*

**EEG** : Electroencéphalogramme

**GABA** : Acide gamma-aminobutyrique

**HAPSY-Q** : *High Altitude Psychosis Questionnaire*

**HA** : Haute Altitude

**IRM** : Imagerie à Résonance Magnétique

**LLS** : Lake Louise Scoring

**LSD** : de l'allemand Lysergsäurediethylamid. litt. « acide lysergique diéthylamide »

**MAM** : Mal Aigu des Montagnes ou **AMS** : *Acute Mountain Sickness* **N2** : Azote

**O2** : Oxygène

**OCHA** : Œdème Cérébral de Haute Altitude ou **HACE** : *High Altitude Cerebral Edema*.

**OPHA** : Œdème Pulmonaire de Haute Altitude ou **HAPE** : *High Altitude Pulmonary Edema*.

**PaO2** : Pression partielle en oxygène

**PSI** : *Psychotomimetic States Inventory*

**SNHP** : Syndrome Nerveux des Hautes Pressions

**TEP** : Tomographie à Emission de Positons

## Introduction

« Avec - 87,4 degré Celsius mesurés dès la première année, l'observatoire Vostok fut bientôt couronné « lieu le plus inhospitalier de la Terre ». Une alliance infernale de hautes latitude et altitude, triplée de continentalité : le pôle du froid. »<sup>5</sup>

Cédric Gras, *La Mer Des cosmonautes* (2017).

Certains environnements, certaines situations sont dits exceptionnels. Alors que nous ne sommes pas naturellement adaptés à eux, il est possible de nous y ajuster à travers des techniques d'adaptation (haute altitude, Arctique). Ces environnements sont recherchés par des individus tels que les alpinistes, les explorateurs, les aventuriers, les navigateurs en solitaire, les plongeurs, les astronautes...

Le syndrome général d'adaptation ou stress a été décrit pour la première fois en 1925 par l'endocrinologue<sup>6</sup> Hans Selye comme étant « *l'ensemble des modifications qui permettent à un organisme de supporter les conséquences d'un traumatisme naturel ou opératoire* » (Selye. 1976). Il s'agirait d'une réponse (physiologique et psychologique) non spécifique<sup>7</sup> du corps à un stimulus donné. Le phénomène de stress est un dispositif de vigilance salvatrice<sup>8</sup>. Il permet à l'organisme de retrouver son état d'équilibre. Lors de l'exposition à un stress, trois phases se succèdent.

---

<sup>5</sup> La station antarctique Vostok est une base de recherche russe installée en Antarctique depuis 1957 à l'occasion de l'année géophysique internationale, pour l'étude du climat. Il s'agit de la station la plus isolée sur le continent Antarctique. Elle est située au niveau du pôle géomagnétique à 78°28' de latitude sud et à 3 488 m au-dessus de la mer. La température moyenne annuelle est de -55°C : -30°C pour les 2 mois les plus chauds (janvier-février) et une moyenne de -60°C le reste de l'année, avec un pic à -89,3°C, la température la plus basse jamais mesurée à la surface de la Terre. À cette température, toute personne normalement vêtue meurt de froid en moins d'une minute.

<sup>6</sup> Étude des sécrétions hormonales internes

<sup>7</sup> Exemple de réponse spécifique : le corps produit de la chaleur lorsqu'il fait froid.

<sup>8</sup> Hans Selye évoque le concept d'« *Eustress* ». Ce terme signifie littéralement « *bon stress* ».

*« Dans son ensemble, le syndrome de stress, ou syndrome général d'adaptation (S.G.A.) évolue selon trois stades successifs :*

*1) La " réaction d'alarme " pendant laquelle les forces de défense sont mobilisées ;*

*2) Le " stade de résistance " qui reflète la complète adaptation à l'agent " stressant " ;*

*3) Le " stade d'épuisement " qui suit inexorablement pourvu que l'agent stressant soit assez puissant et agisse assez longtemps, le pouvoir d'adaptation d'un être vivant étant toujours limité » (Selye. 1976).*

Le stress devient néfaste lorsque la quantité de stimuli dépasse la capacité de réponse du sujet (sur-vigilance/hyper vigilance) et que la durée d'exposition est trop longue. Il y a alors perte de contrôle et des troubles psychiques et somatiques peuvent alors survenir.

Cela permet d'expliquer pourquoi un individu soumis à un environnement extrême a peu, voire pas, de contrôle sur les événements auxquels il se retrouve confronté (Zone de mort en altitude, profondeurs extrêmes, Antarctique, l'espace). En effet, à la différence d'un environnement exceptionnel, un environnement extrême est un environnement au sein duquel les stimuli ont une intensité telle qu'ils ont un impact dommageable sur la personnalité d'un individu ou son intégrité psychique (Leach. 2016).

L'organisme humain ne peut pas s'adapter à un environnement extrême. Il ne peut y survivre que sur de très courtes durées ou à l'aide d'un environnement tampon/ de substitution qui de fait le soustrait aux effets néfastes de l'environnement extrême.

La bibliographie concernant les pathologies somatiques en lien avec la confrontation aux environnements extrêmes est très riche. En haute montagne particulièrement, les professionnels et les alpinistes de haut niveau sont au fait de toute la symptomatologie somatique de la pathologie de haute altitude avec notamment, le Mal Aigu de Montagne (MAM), l'Œdème Cérébral de Haute Altitude (OCHA), et l'Œdème Pulmonaire de Haute Altitude.

En revanche, les articles évoquant les symptômes psychiatriques induits par l'exposition à des environnements exceptionnels et extrêmes (la haute/extrême altitude, la navigation en solitaire, la plongée, les explorations...) et leurs mécanismes restent rares. Alors même que dans les récits d'aventuriers/sportifs on retrouve de manière quasi systématique l'allusion à des phénomènes hallucinatoires en dehors de toute atteinte somatique. Ces individus la plupart du temps jeunes et en très bonne condition physique, ne présentant à priori pas de pathologie psychiatrique, expérimentent des symptômes qui d'ordinaire sont apparentés à la folie et notamment au spectre du trouble psychotique.

La 5<sup>ème</sup> édition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5), se base avec La Clinician-Rated Dimensions of Psychosis Symptom Severity, CRDPSS (ou l'échelle clinique de l'évaluation des dimensions de la sévérité des symptômes psychotiques) sur les symptômes suivants pour l'évaluation du trouble psychotique : idées délirantes, hallucinations, discours désorganisé, comportement grossièrement désorganisé ou catatonique et symptômes négatifs ; et en plus troubles cognitifs, dépression et manie (American Psychiatric Association.2013 ; Barch et al. 2013). Deux de ces symptômes doivent être présents pour le diagnostic de psychose dont l'un devant être : des hallucinations, des idées délirantes ou un

discours désorganisé. Les symptômes d'abstraction perceptive, c'est-à-dire les hallucinations et les délires, sont la caractéristique déterminante et répandue de la psychose (Horga et Abi-Dargham, 2019).

Les symptômes psychotiques et notamment les hallucinations sont transdiagnostiques (Fusar-Poli et al., 2017 ; Waters et al. 2018) ; ils sont caractéristiques de la schizophrénie, mais peuvent également survenir dans d'autres contextes, pathologiques ou non. Les hallucinations, loin d'être pathognomoniques d'un trouble psychiatrique (notamment la schizophrénie), peuvent aussi être observées dans les troubles de l'humeur, la toxicomanie, ou dans le cadre du syndrome de dysfonctionnement cérébral organique (classé comme délire dans le DSM-5) (American Psychiatric Association, 2013). Les deux critères diagnostiques propres au phénomène hallucinatoire sont l'absence de stimulus détectable ou d'objet de la perception<sup>9</sup>, ainsi que l'absence de critique<sup>10</sup> (Ey H. 1973).

Cette revue de la littérature a pour finalité de faire le lien entre le stress généré par l'exposition à des environnements naturels exceptionnels ou extrêmes et la survenue de phénomènes hallucinatoires isolés ou non. Un isolement sensoriel et social, un épuisement, un stress intense, une privation de sommeil pourraient majorer le stress et de ce fait faciliter ces manifestations hallucinatoires (Daniel and Mason, 2015 ; Meyhofer et al., 2017 ; Carbone et al., 2020).

---

<sup>9</sup> à la différence de l'illusion

<sup>10</sup> à la différence de l'hallucinoïse

## I. Descriptions phénoménologiques

### 1. Le troisième homme/ the third man/the sensed presence

Le terme de « *troisième homme* » est relativement récent, on le retrouve dans un poème de 1922 de T.S. Eliot, *The Waste Land* (*La Terre Dévastée*)

« *Qui est le troisième qui marche toujours à tes côtés ?*

*Quand je compte il n'y a que toi et moi*

*Mais quand je regarde au loin sur la route blanche*

*Il y a toujours un autre qui marche à tes côtés*

*Furtivement enveloppé d'un manteau brun, encapuchonné,*

*Homme ou femme, je ne sais*

— *Mais qui est celui-là de l'autre côté de toi ? »* *What The Thunder Said* (*Ce Qu'a Dit Le Tonnerre*)

## 2. Expéditions polaires (Shackleton, *L'Odyssée de l'Endurance*. 1988).

« *Climat antarctique*

*Dans l'infini de l'espace*

*Silence de mort »*

Nicolas Grenier, *Rosetta* (2015).

Eliot fait référence à l'expédition de 1914 de Sir Ernest Shackleton. Son défi : réaliser la première traversée du continent polaire entre la mer de Weddell (océan Atlantique) et la mer de Ross (océan Pacifique). Soit une épopée de 3 000 kilomètres dans les « *conditions les plus inhumaines qui soient* » à travers « *l'une des zones géographiques les plus inhospitalières de notre planète* », écrit l'explorateur français Paul-Emile Victor dans sa préface au récit que Shackleton a consacré à son aventure, *L'Odyssée de l'Endurance* (éd. Phébus).

Le 5 décembre 1914, l'explorateur britannique quitte l'île de la Géorgie du Sud, au large de l'Argentine, à bord de l'Endurance, et met le cap sur l'Antarctique. En 19 janvier 1915, un mois et demi après son départ, l'Endurance est prisonnier du pack (banquise) en mer de Weddell, décrit par Shackleton comme « *un jeu de puzzle gigantesque imaginé par la nature* », dont les fragments se soudent, se séparent et se ressoudent au gré des variations de température et des courants marins.

Le 10 octobre 1915, le dégel disloque enfin la banquise et l'Endurance tente de se frayer un passage au milieu des glaçons. Cependant, le 23, les glaces se reforment brutalement autour de la coque qui est soumise à une pression énorme. « *L'assaut fut terrible, raconte Shackleton. [...] tout le bâtiment était ébranlé et gémissait sous la poussée [...] Le navire se tordait et commençait à faire eau dangereusement.* »

Provisions, équipements, chiens, traîneaux et canots sont débarqués sur la banquise. Le mercredi 27 octobre, Shackleton donne l'ordre d'abandonner le bateau. L'objectif est maintenant de trouver des secours. L'île la plus proche, Paulet, est à 346 milles marins, soit 640 kilomètres...

Le 23 décembre 1915, Shackleton, son capitaine, Frank Worsley et leurs 26 hommes d'équipage débutent leur périple à pied à travers l'immensité du pack. Ils sauvent 3 canots et des réserves de nourriture pour 42 jours. La progression se révèle difficile « *Chaque bateau avec son chargement et les traîneaux qui le portaient pesait plus d'une tonne* ». La glace trop molle, empêche les traîneaux de bien glisser, épuisant les hommes et les chiens. Il faut s'arrêter en attendant de meilleures conditions météorologiques. Ils établissent « *le camp de la patience* » où ils resteront bloqués trois mois. En dépit de la capture de quelques phoques et pingouins, les réserves de nourriture baissent et, la mort dans l'âme, ils doivent abattre leurs derniers chiens. Shackleton, qui fait chaque jour le point sur leur position, constate avec inquiétude que le pack, « *trop disloqué pour nos traîneaux et pas assez pour permettre à nos canots de naviguer* », les éloigne inexorablement de l'île Paulet. Le 9 avril, les glaces se disloquent enfin, faisant apparaître des chenaux praticables. Ils peuvent mettre les canots à l'eau et quitter leur glaçon flottant. Quatre jours plus tard, les trois embarcations s'arrachent aux derniers lambeaux du pack et affrontent la haute mer. Torturés par la faim et la soif, les « *bouches enflées* » et les « *lèvres brûlantes* », les matelots des trois embarcations mettent le cap sur l'île de l'Eléphant. Ils y abordent le 14 avril, épuisés. Ils ne sont pas sauvés pour autant. L'île est à l'écart des routes maritimes. Aucun bateau ne passe jamais au large. Ils finissent par débarquer, épuisés, sur un rocher escarpé et désertique, l'île de l'Eléphant, le 18 avril 1916. L'attente glaciale va durer cinq mois, jusqu'au sauvetage fou de

Shackleton qui avait promis de ramener son équipage sain et sauf, fût-ce au péril de sa vie : il embarque avec cinq compagnons dans le plus robuste des canots de sauvetage, le James Caird, pour aller, à travers l'océan le plus tempétueux du globe, chercher du secours en Géorgie du Sud, à 1500 km de là. Cet incroyable exploit, dans une embarcation non pontée, est l'un des plus remarquables de l'histoire de la navigation.

Parvenus sur la côte sud, Shackleton et deux de ses compagnons ont encore la force d'entreprendre la traversée à pied de la Géorgie du Sud. Il s'agit d'un effroyable chaos de montagnes et de glaciers dont les sommets glacés culminent à près de 3 000 mètres d'altitude « *un morceau des Alpes planté dans l'Atlantique* », comme le résumait l'explorateur Bertrand Imbert et le chercheur Claude Lorius dans leur ouvrage *Le Grand Défi des pôles*. Trente kilomètres de haute montagne que les naufragés entreprennent avec pour tout équipement une corde et une herminette de charpentier en guise de piolet. Les trois hommes atteignent le 20 mai 1916 le petit port baleinier de Stromness. Deux jours après les trois compagnons restés sur la côte sud sont sauvés, le 30 août ceux de l'île de l'Éléphant le sont également.

*« Pendant cette marche longue et torturante de trente-six heures parmi les montagnes et les glaciers inconnus, il me semblait souvent que nous étions quatre et non pas trois. Je n'en parlais pas à mes compagnons ; mais plus tard Worsley me dit : Patron, pendant la marche, j'ai eu la bizarre impression qu'une autre personne nous accompagnait. Crean confessa avoir eu la même idée. On sent « l'impuissance des mots humains, la pauvreté des discours mortels » quand on essaie de décrire des choses intangibles ; mais un rapport de notre voyage serait incomplet sans la mention d'un sujet qui nous tient à cœur. »*

### 3. L'alpinisme : l'ami invisible

« Que se passe t'il dans notre esprit à très haute altitude,

où il n'y a guère que du vide à respirer ? »

Greg Child, *The Other Presence* (1989).

Rendons-nous en 1933, à 8540m sur le versant nord de l'Everest. L'alpiniste anglais Franck Smythe interrompit sa montée pour prendre le temps de contempler le paysage grandiose qui s'étendait devant ses yeux, du glacier de Rongbuk aux collines dorées du Tibet. Il prit un morceau de gâteau à la menthe dans sa poche, le rompit en deux, et offrit cette moitié à son compagnon de route qui avait été présent avec lui toute la journée. Smythe se surprit alors à partager son goûter avec le vide. Il était seul, tout comme il l'avait été toute cette journée. *L'ami invisible*, cette mystérieuse rencontre avec un espèce de fantôme qui emboîte le pas à certains alpinistes. Cette *présence* peut être visuelle ou auditive, ou il peut tout simplement s'agir d'une intuition/sensation/prescience. Cela arrive à pas feutrés, discrètement, dans les moments difficiles, et souvent aux alentours des 8000 mètres. Cette *présence* n'est jamais hostile. Smythe la décrit comme « *vigoureuse et sympathique*. *En sa compagnie, je ne pouvais pas me sentir seul, et il ne pouvait rien m'arriver* ».

Rendons-nous en 1983 avec l'écrivain et alpiniste Greg Child.

Peter Thexton et lui se tenaient à 7940 mètres, à 116 mètres du sommet de Broad Peak. Ils avaient décidé d'abandonner l'atteinte du sommet suite à l'apparition chez Child de céphalées et d'hallucinations. Child craignait qu'il ne s'agisse des prémices d'un Œdème cérébral de haute altitude, une complication neurologique survenant en extrême altitude et qui est souvent fatale.

Le soleil était bas dans le ciel. De part et d'autre, se dressaient les grands sommets principaux entre la Chine et le Pakistan. Il leur restait 600 mètres à parcourir jusqu'à leur tente. L'état de Child s'améliorait au fur et à mesure de la descente tandis que chez Thexton apparaissaient les symptômes d'un Œdème Pulmonaire de haute altitude. Il lui devint rapidement extrêmement difficile de respirer, il pouvait à peine bouger. L'unique remède étant de perdre en altitude, ils continuèrent la descente malgré les nuages et la pénombre qui s'installait.

A 22h, Thexton perdit connaissance. Une heure après, il n'était plus capable que de ramper. A minuit, Child l'accrocha à une corde afin de le trainer sur la neige et de le faire descendre. Ils étaient perdus dans une tempête de neige et entourés d'escarpements glacés. Leur tente était comme une aiguille dans une botte de foin et ils étaient complètement perdus sur le versant ouest de la deuxième plus haute montagne du monde.

Child avait ressenti, alors qu'ils approchaient du sommet, une singulière sensation de dissociation, comme s'il flottait au-dessus de son propre corps. Mais il avait également cette perception tenace d'une présence qui le suivait. Plus bas, alors qu'il luttait contre une tempête aveuglante dans l'obscurité la plus totale, il eut le sentiment qu'une présence leur ouvrait la voie. Il écrivit par la suite « *Cette sensation de flotter au-dessus de mon corps était tenace. Mon gardien observait chacun de mes mouvements et prises de décisions. Je n'arrêtais pas de me retourner, m'attendant à voir quelqu'un* ».

Cette impression de se déplacer avec un troisième homme était pour lui exaltante et apaisante. Il avait la certitude qu'ils étaient dirigés vers leur tente. En effet, ils atteignirent leur camp à 2h du matin. Mais malgré cela, l'état de Thexton s'aggrava et

il mourut au petit matin. Child redescendit le cœur gros avec de multiples interrogations.

La littérature alpine et les témoignages d'autres alpinistes ont permis à Child de réaliser qu'il n'était pas le seul à avoir vécu ce type d'expérience. « *Ceux qui ont été accompagnés par cet ami invisible en font un récit en phase avec la réalité. Ils n'évoquent pas une présence imaginaire mais bien un être de chair et de sang. Tenter de rationaliser le mystère de l'ami invisible c'est comme être un détective traquant l'homme invisible. Il n'y a pas d'empreinte digitale, aucune preuve concrète. Les indices se trouvent au plus profond de nous* » (Child G. 1989).

Firth et al, dans son étude mentionne l'ascension de l'Aconcagua (Argentine) par un alpiniste de 28 ans, droitier, médecin, en bonne santé. Il passa du niveau de la mer à 5400m en 7 jours. Il n'avait aucun symptôme ni signe clinique d'un Mal Aigu des Montagnes. Le 8ème jour, lui et son compagnon de cordée tentaient d'atteindre le sommet (6962m). Ils atteignirent 6800m avant de renoncer car son compagnon était trop épuisé pour envisager de poursuivre. A 6750m, l'alpiniste perdit brutalement son sens de l'équilibre, éprouvant la sensation qu'il avait besoin d'un appui pour ne pas tomber. Il ne pouvait plus se déplacer qu'avec l'aide de son compagnon. Il n'y avait aucun symptôme associé tel que des céphalées, un trouble de la vision, ou une faiblesse musculaire. Il n'avait pas de nausée, d'otalgie, ou d'acouphène qui auraient pu laisser penser à une crise de vertige d'une maladie de Ménière. Cette instabilité persista 15 minutes. Il parvint à descendre sans aide jusqu'à 5400m sans nouvel incident.

Le lendemain, ils déplacèrent le camp à 5800m, et il atteignit seul le sommet le dixième jour. Durant la descente, alors qu'il se reposait, seul à 6700m, il découvrit

que ses mains souffraient de gelures. Peu après, il ressentit une sensation insaisissable d'une présence. Cela l'amena à regarder de manière répétée derrière lui afin de percevoir cet autre individu. Tout en descendant la montagne, il sentait que cette personne le suivait et il se mit à mener une conversation mentale avec ce compagnon invisible.

Alors qu'il marchait, il avait l'impression que ses jambes avançaient de leur propre initiative et que son torse était allongé. Il se sentait détaché de son propre corps, comme s'il se voyait depuis un point de vue élevé. Il était conscient de la nature hallucinatoire de ces expériences. Ces anomalies persistèrent environ 10 minutes avant de se résoudre spontanément.

Il rejoignit le camp, sans expérimenter de nouveau trouble de la perception, et descendit le jour suivant. Aucune séquelle neurologique ne fut retrouvée (Firth et al. 2004).

Dans leur étude Brugger et al. se sont attachés à mettre en évidence la survenue de phénomènes hallucinatoires chez huit alpinistes de renommée internationale (une femme, sept hommes, moyenne d'âge : 35,9 ans) ayant atteint des altitudes supérieures à 8500m (Everest, K2, Kangchenjunga, Lhotse) sans oxygène et n'ayant aucun antécédent neurologique ou psychiatrique (Absence d'antécédent de traumatisme crânien sévère), tous droitiers. (Brugger et al. 1999)

*« Durant les quelques dernières minutes (avant de renoncer à l'ascension), j'avais la sensation d'être accompagné. Il (alors que j'avais la conviction qu'il s'agissait d'un homme, j'étais incapable de dire qui était cet homme) était toujours à au moins 5 mètres derrière moi, et même si je voyais bien qu'il n'y avait personne, je continuais*

*à regarder derrière mon épaule encore et encore. Plus je pensais qu'il était là, plus je ressentais une sensation de manque, un net évidemment corporel. »* (L'alpiniste 5 grimpeait alors derrière deux compagnons à 8300m ; épuisé mais pas en danger).

*« Durant quelques minutes, il m'a semblé que la tente était au moins cinq fois plus grande que la taille qu'elle aurait dû avoir. Le plus étrange, cependant, est que mon propre corps également me semblait cinq fois plus grand, bien qu'à en juger par mes yeux, je ne pouvais rien y changer, que ce soit pour mon corps ou pour mon environnement. »* (L'alpiniste 1 bivouaquait seul à 7500m).

*« J'ai senti que j'étais projeté de la roche où je me tenais et que je volais plusieurs mètres à travers les airs. C'était au-delà de la simple imagination ou du rêve éveillé ; cette sensation était aussi réelle que la sensation simultanée de me tenir contre la roche tenant la corde. »* (L'alpiniste 6, alors qu'il était spectateur de la chute de son compagnon de cordée à une altitude approximative de 3000m).

*« Je n'avais plus la sensation de marcher, mon corps semblait flotter de haut en bas au rythme des vagues se heurtant contre le rivage. »* (L'alpiniste 1, après une marche de 80km à approximativement 5000m).

*« Malgré le brouillard, je voyais nettement ces personnes. [...] Je pouvais distinguer leurs visages et j'ai réalisé que je ne les avais jamais vu de ma vie. »* (L'alpiniste 2, durant une ascension en solo à une altitude comprise entre 5000 et 6000m).

*« D'abord je vis deux chevaux, puis juste un cheval mais cette fois avec un cavalier sur son dos. En cette personne, je reconnus une vague connaissance. »* (L'alpiniste 1, à une altitude de 4500m).

*« J'entendis quelqu'un parler anglais. La voix semblait venir de mon propre corps, et je m'entendis répondre. En français également, incroyable dans la mesure où je ne*

*parle pas français du tout... »* (L'alpiniste 1, lors d'une ascension en solo en dessous de 6000m).

*« Durant un instant, j'entendis des amis discuter de problèmes techniques ou de questions en rapport avec notre situation actuelle. Les voix étaient assez normales en intensité et distinctes. Je n'ai pas essayé de participer à la conversation. »*  
(L'alpiniste 3, alors qu'il se reposait seul à une altitude approximative de 7500m)

#### **4. Spéléologie : Stéphanie Schwabe (et Rob Palmer)**

La grotte sous-marine présentait une ouverture à peine plus large que ses épaules. En s'y glissant, Stéphanie Schwabe pénétra dans un monde de ténèbres où bien peu ont la chance de s'aventurer, et que seul éclairait pour l'heure son équipement. Les parois en cristaux de la grotte scintillaient comme des pierres précieuses. Des stalactites et des stalagmites blanches surgirent devant elle à mesure qu'elle s'enfonçait dans l'ancre de la Sirène, sur la côte sud de l'île de Grand Bahamas, à près de 30 m de profondeur. Considérée à 40 ans comme l'une des meilleures plongeurs du monde, elle effectuait ce jour une simple sortie de routine. Mais, pour une fois, elle se trouvait seule.

En effet, elle et son époux, le britannique Rob Palmer, spécialiste des trous bleus et trous marins des Bahamas, (un ensemble de grottes sous-marines, dont la plus profonde du monde : le trou bleu de Dean) avaient pour habitude de plonger ensemble.

Palmer avait trouvé la mort en plongeant dans la mer Rouge, plus tôt cette année-là, laissant sa compagne poursuivre seule leur étude des grottes sous-marines des Bahamas.

En cette fin du mois d'août 1997, Schwabe, géomicrobiologiste de formation comptait prélever des échantillons de sédiments pour l'un de ses collègues désireux d'étudier la poussière du Sahara emportée des siècles plus tôt par le vent jusque dans l'ancre de la Sirène, de l'autre côté de l'Atlantique.

Schwabe passa une demi-heure à collecter des échantillons de sable rouge sur le plancher de la grotte avant de ranger son matériel. Pour la première fois depuis son

entrée dans la caverne, elle leva les yeux et dut s'avouer qu'elle avait perdu de vue son fils d'Ariane. Elle se mit aussitôt à sa recherche en proie à une anxiété croissante.

L'exploration de grottes sous-marines présente un formidable défi technique. En cas d'urgence, le plongeur ne peut pas remonter directement à la surface : il doit d'abord se faufiler à la nage dans une succession de passages étroits. D'où le fil d'Ariane, un filin qui lui permet de retrouver son chemin.

Schwabe céda à la panique. Du temps où elle plongeait avec Palmer, elle comptait toujours sur lui pour retrouver leur chemin. Une fois de plus, ce jour-là, elle s'était reposée sur lui, par automatisme. « *Je me fais à la certitude pourtant infondée qu'il m'accompagnerait.* » Schwabe, qui se trouvait alors bel et bien seule, jeta un coup d'œil à sa bouteille d'oxygène : il ne lui en restait plus que pour 20 minutes au maximum.

L'angoisse se mua en colère. Submergée par un sentiment d'isolement aussi fort que sa peur panique, elle en voulut à Palmer de sa disparition et à elle-même de sa bêtise. « *A ce moment-là, j'ai baissé les bras. J'étais disposée à mourir. Rob me manquait tellement ! J'en avais assez de souffrir.* »

Au paroxysme du désespoir, « *je me suis tout à coup secouée, raconte Schwabe. Ce qui apparaissait dans mon champ de vision a soudain gagné en netteté.* »

Schwabe sentit une présence auprès d'elle : quelqu'un se trouvait là dans la grotte. Au départ, elle crut qu'il s'agissait de son défunt mari, dont elle entendit d'ailleurs la voix. « *Tout va bien, Steffi ! l'assura-t-il en pensée. Calme-toi. Et rappelle-toi : libre à toi de te persuader que tu vas t'en sortir ou de te persuader du contraire, dans un cas comme dans l'autre, tu auras raison.* » Son intervention étonna Schwabe mais

elle lui fut d'un grand secours. Elle finit par se calmer, s'assit sur le plancher de la grotte « *en essayant de comprendre pourquoi son cerveau réagissait ainsi.* » Un quart d'heure venait de s'écouler depuis qu'elle avait perdu de vue son fils d'Ariane.

Elle leva les yeux, sans se départir de son calme et à force de scruter les alentours finit par apercevoir le filin. Au même instant, la présence se volatilisa. La voilà de nouveau seule dans la caverne. Elle rejoignit le fil d'Ariane à la nage et le suivit jusqu'à l'entrée de la grotte où pénétrait la lumière. « *Ce n'était pas encore ce jour-là que je devais mourir* », conclut-elle. A l'en croire, une présence venait de lui sauver la vie ; celle de son défunt mari (Geiger, 2009. « Guardian Angels Or The Third Man Factor ? »).

## 5. Navigation en solitaire : Joshua Slocum sur *le Spray*

*« Sous les quarantièmes, il n'y a plus de lois, mais sous les cinquantièmes, il n'y a plus de Dieu. »<sup>11</sup>*

En 1895, Slocum part de Boston avec le voilier qu'il a restauré, le *Spray*. Durant trois ans, il va parcourir 74 030 km, effectuant le premier tour du monde en solitaire. Le récit de son périple demeure un classique de la littérature maritime. Sa gestion de la solitude et son sens critique servent toujours de modèle aux marins actuels.

*Vers minuit, le brouillard tomba de nouveau, encore plus dense qu'auparavant. On pouvait presque « marcher dessus ». Il persista pendant plusieurs jours, tandis que le vent redoublait de violence. La mer était creuse, mais mon bateau était solide. Alors, dans ce brouillard lugubre, je me sentis envahi par un sentiment de solitude absolue, comme un insecte sur une paille au milieu des éléments. J'amarrais la barre et, pendant que le *Spray* poursuivait bravement sa route, j'allais dormir. Durant ces jours, je fus gagné par la peur. Ma mémoire travaillait avec une puissance terrifiante. Tous les événements de mon existence – insignifiants ou importants, grands ou petits, extraordinaires ou quelconques -, tous repassaient dans ma tête en une succession magique. Certaines pages de ma vie, oubliées depuis si longtemps qu'elles semblaient appartenir à une existence antérieure, surgissaient devant moi. Toutes les voix que j'avais entendues dans le passé revenaient frapper à mon oreille, criant, riant, répétant les mots que je les avais entendues prononcer dans tous les coins du monde.*

---

<sup>11</sup> La zone océanique qui s'étend entre les environs de 40°S et le cercle polaire antarctique subit les vents les plus forts connus sur Terre. Les conditions que l'on rencontre en navigant vers le Grand Sud dans la région des « Quarantièmes rugissants » et des « Cinquantièmes hurlants » sont extrêmes.

*Ce sentiment de solitude disparaissait lorsque, au plus fort de la tempête, j'étais occupé par tout ce qu'il y avait à faire sur le pont. Mais avec le beau temps, ce sentiment revenait, sans que je pusse le chasser. Je parlais souvent à haute voix, donnant des ordres de manœuvres, car on m'avait dit que je risquais de perdre la parole si je restais trop longtemps silencieux. A midi, quand le soleil était au méridien, je criais de toutes mes forces : « Piquez huit ! » De temps en temps, de ma cabine, je demandais à un homme de barre imaginaire : « Quel cap ? » ou bien : « Etes-vous en route ? » Mais n'obtenant pas de réponse, ma situation m'apparaissait encore plus clairement. Ma voix sonnait sans écho, dans l'air vide, et j'abandonnais cette habitude. Heureusement, je me souvins que dans ma jeunesse, j'avais l'habitude de chanter. Pourquoi ne pas essayer, maintenant que je ne risquais plus de déranger personne ? Mes talents musicaux n'ont jamais provoqué de jalousie chez mes semblables, ais là, au milieu de l'Atlantique, vous auriez dû m'entendre chanter. Je mettais ma voix au diapason du vent et de la mer, et il fallait voir les marsouins sauter en m'écoutant !*

Slocum fera également l'expérience du phénomène hallucinatoire de l'ami invisible, à la suite d'une intoxication alimentaire qui le laissera exténué et incapable de la moindre action physique/psychique, en pleine tempête. Un compagnon de route invisible qui se présentera comme étant l'un des membres d'équipage (le pilote) de la *Pinta*, l'une des deux caravelles de la première expédition de Christophe Colomb.

*Lorsque je revins à moi, je sentis immédiatement que le sloop tanguait bas dans une mer trop grosse. En jetant un coup d'œil dehors, je vis avec stupéfaction qu'il y avait un homme à la barre du Spray ! Il tenait d'une main ferme les poignées de la roue. On peut imaginer mon ahurissement ! Il était vêtu comme un marin étranger et portait un grand bonnet rouge incliné sur l'oreille gauche. Sa figure était toute recouverte*

*d'une barbe épaisse noire en broussaille. Dans n'importe quelle partie du monde, on l'aurait pris pour un pirate. Pendant que je regardais avec stupeur son aspect menaçant, j'oubliais la tempête et me demandais s'il était venu à bord pour me couper la gorge. [...] A mon grand étonnement, je vis, lorsque le jour apparut, que le Spray avait gardé le cap que je lui avais donné la veille et continuait à filer comme un pur-sang. Christophe Colomb lui-même n'aurait pas pu le gouverner plus droit. Dans la nuit, le sloop avait parcouru 150 km dans une mer démontée. Je fus reconnaissant au vieux pilote. [...] Qui donc alors vint me rendre visite en rêve cette foi ? Mon vieil ami de la nuit dernière « Vous avez bien fait de suivre mes conseils cette nuit me dit-il, et, si vous le voulez bien, j'aimerais être souvent auprès de vous pendant ce voyage, simplement par amour de l'aventure. » Ayant terminé son discours, il ôta de nouveau son bonnet et disparut aussi mystérieusement qu'il était arrivé, retournant, je suppose, à bord de la fantomatique Pinta.*

## 6. Plongée

*« Une imagination vive et des pensées qui ont un charme particulier »*

*Dr Théodore Junod, 1835*

Honoré-Castellin<sup>12</sup> rapporte de l'une de ses plongées : *« Mon coéquipier était immobile, un oursin dans les mains. J'ai essayé d'attirer son attention, il n'a pas réagi, comme s'il ne me voyait pas. J'ai compris que quelque chose n'allait pas et je l'ai attiré pour le faire remonter. Il était totalement passif... De retour à la surface il m'a dit qu'il lui était arrivé des choses extraordinaires, qu'il ne savait plus où il était, qu'il avait demandé son chemin à un oursin et que celui-ci lui avait indiqué la direction de la tour Eiffel ».*

Dans son mémoire, les plongeurs interrogés évoquent les sensations en lien avec la narcose. *« La narcose, c'est magique, c'est agréable, c'est grisant, on se sent bien », « on se sent très grand, un peu comme un surhomme, on se dit qu'on est aussi fort qu'un cosmonaute qui marche sur la lune »*

---

<sup>12</sup> Dans son mémoire de 1987, le Dr Valérie Honoré-Castellin, psychiatre à Marseille, rapporte les expériences de 12 plongeurs professionnels (huit corailleurs et quatre plongeurs de la COMEX).

## II. Clinique

### 1. Alpinisme

En haute et extrême altitude, selon les études, l'incidence des phénomènes hallucinatoires est très variable. Wu et al. (2006) notent la survenue d'hallucinations dans 3% des épisodes avec OCHA. Dans l'étude de Wilson et al. (2009), 32% des alpinistes ayant atteint 7500m disent avoir présenté des hallucinations. 88% des sujets de l'étude de Brugger et al. (1999) évoquent la survenue de phénomènes hallucinatoires.

#### a. Phénomènes hallucinatoires dans la littérature

Dans la littérature, les alpinistes rapportent des expériences hallucinatoires psychosensorielles de plusieurs types, simples ou complexes, qui peuvent se combiner :

- Perception d'une présence (Herzog. 1952 ; Clarke. 1976 ; Brugger et al. 1999 ; Firth et al. 2004)
- Perception auditive d'une présence (Brugger et al. 1999 ; Firth et al. 2004)
- Hallucinations visuelles complexes (Brugger et al. 1999) : images bien définies de motifs, scènes, animaux ou personnes
- Photisme, sensation de couleur non due à la vision (Brugger et al. 1999)
- Expériences hallucinatoires extracorporelles et autoscopiques<sup>13</sup> (Brugger et al. 1999 ; Firth et al. 2004 ; Habeler. 1979). L'autoscopie est un phénomène

---

<sup>13</sup> L'autoscopie peut se définir sur la base de plusieurs caractéristiques phénoménologiques (Bunning et Blanke, 2005) :

hallucinatoire où le sujet se voit lui-même comme un double ou voit certaines parties de son corps, avec un sentiment d'angoisse et de confusion (Larousse. 2002 ; Blom . 2010).

Ces hallucinations peuvent s'accompagner d'un syndrome vestibulaire <sup>14</sup>(Brugger et al. 1999 ; Firth et al. 2004 ; Habeler. 1979 ; Ravenhill. 1913) et d'un sentiment de peur (Brugger et al. 1999 ; Firth et al. 2004).

## b. Phénomènes hallucinatoires chez des alpinistes à Extrême Altitude

Dans leur étude Brugger et al. (1999) se sont attachés à mettre en évidence la survenue de phénomènes hallucinatoires chez huit alpinistes de renommée internationale (une femme, sept hommes, moyenne d'âge : 35,9 ans) ayant atteint des altitudes supérieures à 8500m (Everest, K2, Kangchenjunga, Lhotse) sans oxygène et n'ayant aucun antécédent neurologique ou psychiatrique (Absence d'antécédent de traumatisme crânien sévère), tous droitiers. Des recherches physiologiques ont mis en avant le fait que les premières manifestations neurologiques liées à l'hypoxie survenaient à 6000m pour les alpinistes aguerris

- 
1. Décorporation (localisation de soi en dehors du corps propre).
  2. Impression de voir le monde d'un point de vue élevé, à partir d'une perspective visuelle et spatiale distancée (perspective extracorporelle, mais égocentrique).
  3. Impression de voir le corps propre (autoscopie) depuis cette même perspective.

<sup>14</sup> La survenue de vertiges est le maître symptôme du syndrome vestibulaire. Le vertige se définit par une illusion de déplacement du sujet par rapport aux objets environnants ou des objets environnants par rapport au sujet.

C'est typiquement une sensation de rotation (étymologiquement vertigo vient du latin verso, versare : tourner). Mais il peut aussi s'agir d'impressions différentes : déplacement du corps dans le plan vertical (« comme dans un ascenseur ») ou d'instabilité, décrite comme un tangage (« comme sur un bateau »). La notion d'un déclenchement ou d'une aggravation par les changements de position constitue une valeur diagnostique certaine.

Lors de vertige intense, il existe des signes végétatifs d'accompagnement : nausées, vomissements, pâleur, sueurs, ralentissement du pouls. Un vertige intense est particulièrement pénible et souvent angoissant.

Un déséquilibre à la marche peut dominer la symptomatologie, le vertige stricto sensu étant au second plan ou absent. Le malade peut décrire des embardées latérales, toujours du même côté, lors de la marche. Il peut aussi ne s'agir que d'une simple instabilité. Dans les vertiges intenses, la station debout est impossible (Collège des Enseignants de Neurologie).

(Oelz et al. 1986). Au-dessus de 6000m, on parle d'extrême altitude (Heater, Williams. 1981). Brugger et son équipe se sont donc intéressés à une incidence importante de survenue de phénomènes hallucinatoires et autres expériences singulières.

Les sujets devaient reporter tous les « phénomènes psychiques extraordinaires » qu'ils avaient pu vivre durant leurs ascensions avec les altitudes de survenue et leur état psychologique.

Une hallucination est définie, en psychiatrie, comme une perception sensorielle sans présence de stimulus détectable. Les auteurs n'ont donc pas conservé les illusions visuelles et auditives (Perception erronée ou déformée d'un stimulus réel) dans la mesure où l'environnement des hautes altitudes est une source inépuisable de stimuli désorganisés et énigmatiques (brouillard, tempêtes de neige, formations neigeuses...).

Tous les alpinistes, à l'exception d'un seul, ont rapporté des phénomènes hallucinatoires (au total 46 expériences recueillies). Le sujet ayant décrit le plus d'expériences (18/46, 39%) est aussi celui qui rapporte de la plus longue période d'exposition cumulative à une altitude extrême. Cependant il n'a pas été mis en évidence de corrélation entre la durée totale d'exposition aux hautes altitudes et le nombre de phénomènes rapportés. Il n'y avait pas non plus d'association entre la fréquence de survenue des hallucinations visuelles et auditives et la sévérité des troubles cognitifs (Regard et al. 1989).

Il n'y avait pas de lien entre la fréquence de survenue des hallucinations et la mise en évidence d'anomalies à l'électroencéphalogramme (Regard et al. 1989), ou via IRM<sup>15</sup> (Maggiorini et al. 1990).

La plupart des phénomènes rapportés appartenait à la catégorie des illusions cénesthésiques (28/46, 61%) (déstructuration de la vision de l'image du corps ou de la position dans l'espace).

Des hallucinations visuelles ont été rapportées par 4 sujets. Cela pouvait être de simples photismes (2 cas), la vision d'animaux ou d'humains (8 cas), et enfin la visualisation de scènes complexes (1 cas).

Des hallucinations auditives ont été rapportées par trois sujets dont trois cas de sons de cloches ou d'hallucinations musicales plus complexes et quatre cas de perception de voix humaines.

Aucune hallucination tactile, olfactive ou gustative ne fut rapportée.

La plupart des hallucinations eurent lieu durant des ascensions en solo, quelles que soient les modalités.

---

<sup>15</sup> Pondérée en T1 (TE = 25, TR = 344), pondérée en densité de proton (TE = 23, TR = 3441), et pondérée en T2 (TE = 120, TR = 3441). Images en densité de proton et T2 en plans axial et coronal et images en T1 en plan axial.

### c. Hallucinations cénesthésiques

Les alpinistes de hautes altitudes rapportent un nombre particulièrement élevé d'illusions sur un mode cénesthésique (Child. 1989 ; Messner. 1978 ; Brugger et al. 1999) avec le plus souvent une dimension autoscopique (le sujet se voit lui-même comme un double) (Brugger et al. 1997). *Dans le cerveau sont présentes différentes représentations du corps relatives aux informations tactiles, visuelles et proprioceptives. Certaines de ces représentations se basent sur des coordonnées centrées sur le corps lui-même, d'autres sont codifiées à partir de l'espace extérieur. Normalement, le cerveau intègre toutes ces représentations pour fournir une sensation unitaire du corps propre dans l'espace. Toutefois, à la suite de traumatismes, ou dans des conditions de faible excitabilité (isolement sensoriel, privation de sommeil), cette unité peut se perdre et le sujet peut en arriver à percevoir comme distinctes la position du corps ressenti et celle du corps vu.* (Paladino, Passerini, De Curtis ; 2006).

Brugger et al. ont choisi d'utiliser le terme d'illusions cénesthésiques considérant qu'une proprioception sans stimulus est impossible. Ces illusions regroupent les perturbations du schéma corporel (syndrome de dépersonnalisation, transformation totale du corps, grandissement, évidement, éclatement, sensations de dédoublement, de sortie du corps, autoscopie) (Brugger et al. 1997).

Dans l'étude de Brugger et al., la plupart des phénomènes rapportés appartenait à la catégorie des illusions cénesthésiques (28/46, 61%). Des distorsions du schéma corporel (5 épisodes de quelques minutes à 12 heures), des sensations vestibulaires

de lévitation (3 cas), ou un syndrome de dépersonnalisation avec l'impression de se mouvoir comme un automate (3 cas) sont relativement rares. Les dédoublements corporels complexes étaient fréquemment rapportés, prenant essentiellement la forme d'un ami invisible (9 cas) ou d'autoscopie (6 cas, dont 5 dont la survenue coïncide avec une situation de péril imminent, de danger de mort). Les situations de péril imminent, et une altitude extrême sont source d'illusions sur un mode cénesthésique. Les sujets présentant des troubles cognitifs avaient tendance à rapporter plus d'hallucinations cénesthésiques (Brugger et al. 1999).

La dimension temporelle semble se contracter dans les sommets. L'australien Kurt Diemberger « *Le temps n'a plus d'importance. C'est un peu comme si toute dimension cessait d'exister ici.* » (Diemberger. 1991). L'américain Conrad Anker, qui découvrit le corps de George Mallory's sur l'Everest en 1999, « *Avec l'altitude, on perd la notion du temps. Vous avez l'impression que vous faites quelque chose depuis quinze minutes alors qu'il s'agit d'une heure. Une métaphore m'est venue à l'esprit cette année après mon expérience sur l'Everest. En altitude, c'est comme s'il y avait une maison qui se brûlait, et la maison qui se consume, c'est vous, mais tout se passe à un rythme si effréné que vous ne pouvez rien y faire. Vous regardez juste la maison brûler.* » (Anker, Roberts. 1999).

#### d. Episodes Psychotiques de Haute Altitude

Symptômes	PSY NO <sup>16</sup>	PSY PLUS <sup>17</sup>	PSY ISO <sup>18</sup>	Manquant	p
<b>Troubles de la perception</b>	29%	89%	87%	0	0.000
<b>Hallucinations</b>	2%	83%	83%	0	0.000
Hallucinations visuelles	0%	61%	30%	0	0.000
Hallucinations auditives	2%	61%	22%	0	0.000
Hallucinations cénesthésiques	0%	17%	13%	0	0.033
Hallucinations olfactives	0%	0%	0%	0	
Hallucinations gustatives	0%	0%	0%	0	
Phénomène du 3 <sup>ème</sup> homme	0%	44%	61%	0	0.000
Illusion	12%	11%	26%	0	0.269
Hallucinations autoscopiques / morcellement	10%	22%	33%	0	0.413
<b>Délire</b>	0%	72%	44%	1	0.000
<b>Discours désorganisé</b>	0%	24%	91%	3	0.008
<b>Comportement psychomoteur anormal</b>	36%	78%	23%	1	0.001
Apathie	31%	79%	18%	1	0.000
Agitation	7%	17%	5%	1	0.354
<b>Symptômes négatifs</b>	52%	88%	38%	3	0.006
Aboulie	19%	71%	10%	3	0.000
Repli sur soi	31%	59%	10%	3	0.005

<sup>16</sup> PSY NO : épisode sans trouble psychotique

<sup>17</sup> PSY PLUS épisode avec troubles psychotiques plus symptômes d'une altération cognitive

<sup>18</sup> PSY ISO épisode avec troubles psychotiques mais absence de symptôme d'un Œdème Cérébral de Haute Altitude (OCHA) ou d'un trouble cognitif.

Emoussement affectif	41%	71%	29%	3	0.028
<b>Troubles cognitifs</b>	62%	100%	86%	1	0.003
Accélération psychique	0%	0%	0%	1	
Ralentissement psychique	31%	39%	18%	1	0.338
Stéréotypé/ automatisme	36%	89%	68%	1	0.000
Désorganisé	36%	89%	68%	1	0.000
<b>Dépression</b>	31%	53%	19%	3	0.081
<b>Manie</b>	50%	26,7%	33,3%	5	0.203
<b>Angoisses</b>	36%	53%	36%	4	0.462

**Tableau 1** : Fréquence de survenue de symptômes psychiatriques en lien avec des altitudes extrêmes. Etude basée sur 102 témoignages d'alpinistes (Hüfner et al. 2018)

Dans leur étude Hüfner et al. (2017) s'intéressent à la survenue d'épisodes psychotiques isolés à très haute altitude et à extrême altitude. Ils s'appuient sur 102 témoignages d'alpinistes ayant atteint au moins 3500m et donnant une description détaillée de l'épisode avec au moins trois critères cliniques (somatiques ou psychiatriques).

Pour chaque témoignage, ont été analysés et enregistrés : le nom de la montagne, l'altitude atteinte au moment de l'épisode, l'élévation en altitude le jour d'avant l'apparition des symptômes (inférieur ou supérieur à 4000 m), la durée de l'épisode, si le sujet était seul ou s'il se trouvait en situation de danger, et enfin si l'épisode était rapporté par le sujet ou observé.

<b>Score de Lake Louise</b>
<p>1- Céphalées :</p> <p>0 Absence de symptôme</p> <p>1 Léger</p> <p>2 Modéré</p> <p>3 Sévère, incapacitant</p>
<p>2- Symptômes gastro-intestinaux</p> <p>0 Absence de symptôme</p> <p>1 Perte d'appétit et/ou nausées légères</p> <p>2 Nausées modérées et/ou vomissements</p> <p>3 Nausées sévères et vomissements, incapacitant</p>
<p>3- Fatigue et/ou état de faiblesse</p> <p>0 Pas de fatigue</p> <p>1 Légère fatigue/faiblesse</p> <p>2 Fatigue ou faiblesse modérée</p> <p>3 Fatigue et/ou faiblesse importante, incapacitante</p>
<p>4- Vertiges/étourdissements</p> <p>0 Pas de vertige</p> <p>1 Vertiges légers</p> <p>2 Vertiges modérés</p> <p>3 Vertiges forts, incapacitants</p>
<p>5- Qualité du sommeil</p> <p>0 Sommeil préservé</p> <p>1 Sommeil légèrement altéré</p> <p>2 Nombreux réveils, sommeil de mauvaise qualité</p> <p>3 Insomnie</p>

**Tableau 2 :** Score de Lake Louise. Le diagnostic de MAM est établi lorsque le score de Lake Louise est supérieur à 3. Au-delà de 6, le MAM est dit "sévere" : la descente ou la recompression sont nécessaires (Roach et al. 1993).

Le diagnostic d'épisode psychotique était posé avec les critères du DSM 5. Le diagnostic de MAM était établi à partir du *Lake Louise Scoring*<sup>19</sup> (LLS) qui devait être supérieur ou égal à 3 (Roach et al. 1993) avec au moins deux symptômes présents (céphalées, symptômes digestifs, fatigue ou faiblesse, vertiges ou étourdissements, troubles du sommeil). Chacun des 5 symptômes était autoévalué par l'alpiniste de 0 à 3 selon sa sévérité.

3 échantillons se sont détachés sur 83 épisodes : épisode sans trouble psychotique (PSY NO), épisode avec troubles psychotiques plus symptômes d'une altération cognitive (PSY PLUS) et enfin épisode avec troubles psychotiques mais absence de symptôme d'un Œdème Cérébral de Haute Altitude (OCHA) ou trouble cognitif (PSY ISO) (tableau 1).

Le MAM des Montagnes était présent dans 48% des épisodes sans différence significative entre les 3 échantillons. Néanmoins, un OCHA survenait chez les sujets dans 23% des épisodes (19/83), dont 10% des sujets de l'échantillon PSY NO, 72% de ceux de l'échantillon PSY PLUS et 0% chez les sujets présentant des troubles psychotiques isolés.

Cette étude a permis de mettre en évidence :

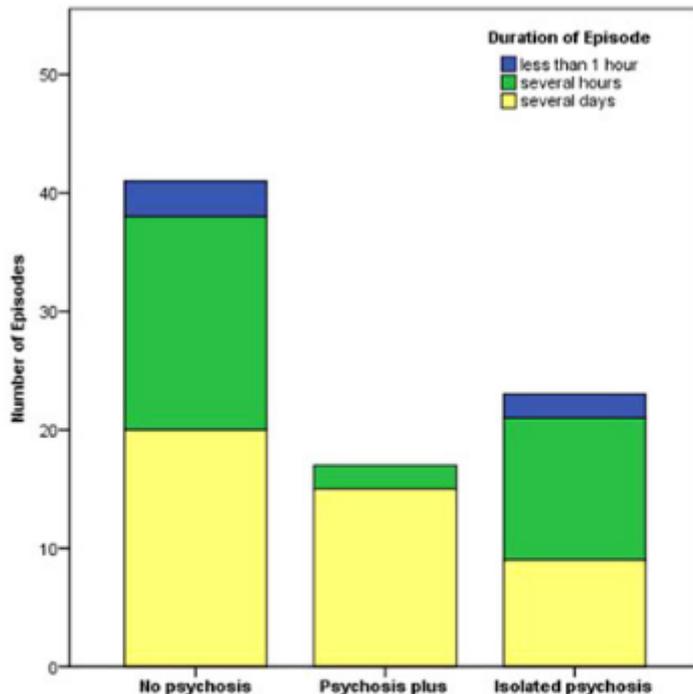
- Des troubles psychotiques surviennent durant une exposition à haute altitude.
- Ils peuvent être isolés ou être accompagnés d'un OCHA ou d'un syndrome de dysfonctionnement cérébral organique.
- Le trouble psychotique isolé de haute altitude devrait être considéré comme une maladie de haute altitude à part entière.

---

<sup>19</sup> Le Lake Louise Scoring System (LLSS), plus simple ne comporte que 6 questions et résulte d'un consensus établi en 1991 et réactualisé depuis (Bärtsch. 1993 ; Roach et al. 1993 ; Savourney et al. 1995 ; Maggiorini et al. 1998).

- Le trouble psychotique de haute altitude est associé avec un taux important d'incidents et d'accidents.

Des phénomènes hallucinatoires ont été rapportés dans 42% des épisodes psychotiques à une altitude moyenne de 7280m. Dans 34% des cas, ils survenaient dans un contexte d'OCHA. La plupart des épisodes ont été rapportés dans l'Himalaya (55% (46/83)) et dans le Karakorum (34% (28/83)). Tous les épisodes se sont avérés totalement réversibles. La durée de l'épisode psychotique différait entre les trois échantillons de manière significative (figure 1). Chez les sujets présentant des troubles psychotiques associés à des symptômes d'une altération cognitive, la durée des épisodes est significativement plus importante comparée aux autres sujets.



**Fig. 2.** Bar chart depicting the duration of the episodes in the three clusters. The duration differed between the three clusters ( $\chi^2$  test,  $p=0.031$ ), with episodes in the PSY<sup>PLUS</sup> cluster lasting longer than those in the PSY<sup>NO</sup> and PSY<sup>ISO</sup> clusters (z-test < 0.05 for PSY<sup>NO a</sup>, PSY<sup>PLUS b</sup>, PSY<sup>ISO a</sup>). For z-test, each superscript letter denotes a subset of categories whose column proportions do not differ significantly from each other at the 0.05 level.

**Figure 1 :** diagramme en barres représentant la durée des épisodes psychotiques pour les trois échantillons de l'étude<sup>20</sup> (Hüfner et al. 2018). On note une différence significative de la durée en fonctions des échantillons (Test  $\chi^2$  <sup>21</sup>,  $p=0.031$ ). Les épisodes de l'échantillon PSY PLUS sont plus long que ceux des PSY NO et PSY ISO (z test<sup>22</sup><0.05 pour PSY NO, PSY PLUS, PSY ISO).

<sup>20</sup> PSY NO : épisode sans trouble psychotique ; PSY PLUS épisode avec troubles psychotiques plus symptômes d'une altération cognitive ; PSY ISO épisode avec troubles psychotiques mais absence de symptôme d'un Œdème Cérébral de Haute Altitude (OCHA) ou d'un trouble cognitif.

<sup>21</sup> Un test du khi-deux est une méthode de test des hypothèses (test de  $\chi^2$  d'indépendance dans ce cas)

<sup>22</sup> Un test z est un test d'hypothèse reposant sur la statistique z, qui suit la loi normale standard sous l'hypothèse nulle. Le test z est mieux utilisé pour les échantillons supérieurs à 30 car, selon le théorème central limite, à mesure que le nombre d'échantillons augmente, les échantillons sont considérés comme étant approximativement normalement distribués. Les tests z supposent que l'écart type est connu.

#### e. Œdème Cérébral de Haute Altitude

Il est fort probable que la plupart des phénomènes hallucinatoires n'étaient pas en lien avec la constitution d'un Œdème cérébral de haute altitude. Un alpiniste présentant un trouble psychotique de HA isolé doit être capable de redescendre seul ce qui n'est pas le cas d'un alpiniste présentant un OCHA (Brugger et al. 1999). Et, au vu de la gravité de cette pathologie et de sa létalité, cela limiterait le nombre de descriptions phénoménologiques disponibles dans la littérature de haute montagne (Firth & Bolay. 2004).

La fréquence de survenue d'OCHA est estimée entre 0.1% et 2% pour des altitudes entre 3500m et 5500m (Hochstrasser et al. 1986 ; Hackett et al.1998 ; Wu et al. 2006). Lors d'ascensions trop rapides cette incidence passe à 31% (Basnyat et al. 2000).

L'incidence d'OCHA est très variable selon les études. Cela peut s'expliquer par des différences entre les sujets étudiés, des critères choisis pour poser le diagnostic qui varient, et des divergences dans l'estimation des altitudes.

Ce qui peut également se révéler source de confusion est la distinction entre le MAM et l'OCHA. L'OCHA correspond en effet à l'une des aggravations possibles du MAM sur un versant neurologique/psychiatrique.

<b>Score de Lake Louise complément spécifique à l'OCHA</b>
<p>6- Modifications de l'état mental :</p> <p>0 Absence de symptôme</p> <p>1 Léthargie, lassitude</p> <p>2. Désorientation</p> <p>3. Etat de stupeur, semi-conscience</p>
<p>7- Ataxie (test de marche sur une ligne, "talon-pointe)</p> <p>0 Aucune</p> <p>1 Mouvements pour maintenir l'équilibre</p> <p>2 Pas hors de la ligne</p> <p>3 Chutes</p> <p>4 Position debout impossible</p>
<p>8- Œdème périphérique :</p> <p>0 Aucun</p> <p>1 Une zone atteinte</p> <p>2 Plusieurs zones atteintes</p>

**Tableau 3 :** Le complément clinique du Score de Lake Louise est parfois utilisé par une tierce personne pour détecter un OCHA (généralement accompagné de vomissements en jets) (Roach et al. 1993).

Selon le LLS, un diagnostic d'OCHA peut être établi chez une personne souffrant d'un MAM et avec au moins un de ces symptômes : léthargie/apathie, désorientation/confusion, stupeur/trouble de la conscience, ataxie (Roach et al. 1993). A partir de quand un AMS sévère peut-il être qualifié d'OCHA ? De ce fait, il est fort probable que l'OCHA soit souvent sous diagnostiqué par les alpinistes. L'OCHA est souvent associé à des symptômes tels que des maux de tête et une ataxie (Wu et al. 2006) ou de la fièvre (Pendlebury et al. 2015). Mais le diagnostic est souvent posé à partir du moment où survient une altération cognitive franche ou un

coma (Wu et al. 2006) le stade ultime de l'OCHA avant la mort (Hackett & Roach. 2004).

Russian Anatoli Boukreev (ascension du Lhotse) résume “ *Les premiers symptômes de l'OCHA et de l'OPHA, même pour des grimpeurs expérimentés, peuvent être trompeurs, pouvant simuler l'habituel inconfort de l'acclimatation. Cette confusion peut se révéler fatale.*” (Boukreev. 1997).

Boardman dans son livre *Sacred Summits* est plus succinct « *A très haute altitude, les indices sont rares dans le jeu de survie, et il est important de ne pas les manquer* » (Boardman. 1982).

Un diagnostic précoce d'OCHA demeure délicat car il est difficile d'évaluer les symptômes d'un trouble mental. D'autant plus à haute altitude où la normalité n'est plus et où le corps et l'esprit se désagrègent rapidement. L'alpiniste Tasker plaisantant à moitié à propos de son ascension de l'Everest : « *Sans apport suffisant en oxygène... mon esprit était au moins aussi vif que celui d'un escargot* » (Tasker. 2013). Alors qu'un *coma* est plutôt facile à diagnostiquer, une *léthargie* sera plus facilement source à interprétations.

D'où l'intérêt d'échelles d'évaluation clinique quantitatives simples et brèves qui se rapprocheraient d'un score de Glasgow (Hüfner et al. 2017) ou d'un LLS (Roach et al. 1993).

f. Effet zone de mort

En alpinisme, la zone de mort se réfère à des altitudes extrêmes au-delà de 7800m. La quantité d'oxygène se révèle insuffisante à la vie et la survie y est presque impossible.

La zone de mort a été la première fois évoquée par le radiologue suisse et alpiniste Edouard en 1952. Il avait établi des stades de cette *Todeszone* (Wyss-Dunant. 1953), littéralement « zone létale » entre 7800 m et 8600 m. Une zone dans laquelle la durée de survie d'un alpiniste est très courte. « *J'avais parlé de zone létale. En voici quelques explications. Survie est le seul mot adapté pour décrire le comportement de l'homme dans cette zone mortelle qui commence au-dessus de 7.800 mètres. La vie ici est impossible et s'y maintenir quelques jours requiert toute la volonté de l'homme. La vie ne tient qu'à un fil à tel point que l'organisme, épuisé par l'ascension, peut passer en quelques heures d'un état de somnolence à une mort blanche. (...) Ce n'est plus une question d'adaptation mais d'un nombre de jours ou d'heures passées là.* » (Wyss-Dunant. 1953)

L'air y est extrêmement fragile, à tel point que la moindre variation peut rompre l'équilibre précaire (tempête, variation de température...) « *Plus des deux tiers de l'atmosphère terrestre repose en dessous de son sommet. Pour un homme non acclimaté et non supplémenté en oxygène, deux à trois minutes sur le sommet de l'Everest est plus pénible qu'une sortie dans l'espace.* » (Horbein. 1965).

Smythe place la limite de bien être bien en dessous de la zone de mort de 8000 m « *L'himalayisme consiste en beaucoup d'inconfort et une série d'épreuves... S'il*

*souhaite vraiment prendre du plaisir, je conseille à tout himalayiste de se limiter à l'ascension de sommets de moins de 7010 mètres. » (Smythe. 1932)*

L'alpiniste hollandais et écrivain Harry Kikstra nous rappelle dans son guide sur l'Everest : *« Tu te sens tout le temps mal, et lorsque tu commences à te sentir un peu mieux, tu grimpes plus haut et recommences à te sentir mal à nouveau. Tu es entouré de gens malades, et des alpinistes avec qui tu avais fait connaissance quelques jours plus tôt meurent en grim pant. Le moindre effort devient pénible, et l'expédition prend des airs de périple avec une probable fin tragique à la clé. La plupart du temps, gravir l'Everest ça n'est pas fun » (Kikstra. 2009).*

Wyss-Dunant fait également une distinction entre la « zone ultime » entre 8.600 mètres et le sommet de l'Everest. Une zone qui n'existe que sur deux montagnes au monde (le K2 et l'Everest). Smythe à propos de ces derniers trois cents mètres : *« L'Everest est exigeant que ce soit mentalement et physiquement. Ceux qui visent les derniers 300 mètres visent la limite physique du monde. » (Smythe. 1936)* et *« Se tenir à la frontière entre la vie et la mort. » (Smythe. 1937)*. Shipton rappelle *« Nous avons éprouvé ce sentiment familier d'impuissance, de n'être qu'à moitié vivant. » (Shipton. 1997)*. Tom Hornbein lors de l'ascension en 1963 de leur premier 8000 mètres avec Willi Unsoeld : *A cette hauteur, « La mort n'a plus de sens, ni de fait n'en a la vie. » (Horbein. 1965).*

Messner fut le premier à gravir les 14 sommets de plus de 8000 mètres sans apport en oxygène. Alors qu'il réalisait un solo sur la face nord de l'Everest en 1980, *« Il ne subsiste plus assez d'énergie pour penser dans la mesure où juste respirer est une*

*épreuve... Je suis un cadavre qui marche.* » (Messner. 1989). Il ajoute :  
« *L'alpinisme d'extrême altitude n'est pas une partie de plaisir ; c'est une souffrance indescriptible.* » (Messner. 1989).

L'effet zone de la mort s'est révélé létal pour nombre d'alpinistes. Cela, directement à la suite d'une défaillance corporelle ou indirectement à cause d'une mauvaise évaluation du risque, de la prise de mauvaises décisions sous l'effet du stress ou d'un affaiblissement conduisant à des accidents. Wilfrid Noyce « *les couches supérieures de mon cerveau semblaient endormies là-haut... (mais le pire est que) j'étais persuadé d'être aussi vif qu'au niveau de la mer.* » (Noyce. 1954). De telles défaillances pardonnent rarement à cette altitude.

L'italien Reinhold Messner, alors qu'il se trouvait dans la zone de la mort du Nanga Parbat avec son frère Gunther (disparu lors de la descente sous une avalanche, son corps sera retrouvé en 2005) en juin 1970, a admis ne pas avoir été assez lucide pour réaliser ce qu'il se passait « *Nous nous trouvions dans la zone de mort depuis plusieurs heures, marchant sur la ligne ténue entre survie et mort. Nous n'étions pas vraiment conscients de la précarité de notre situation.* » (Messner. 2002)(Il passe trois nuits dans la zone de mort sans protection. Les gelures trop avancées au niveau des pieds nécessitèrent l'amputation de six orteils.)

g. Auto-questionnaire *High Altitude Psychosis Questionnaire* : HAPSY-Q  
(Hüfner et al. 2019) (tableaux 4 et 5)

Un tel questionnaire sur la survenue de symptômes psychotiques se devait d'être simple et facile à mener en conditions extrêmes comme l'est le score de Lake Louise (Roach et al. 2018). Il devait être conçu de manière à détecter précocement des symptômes psychotiques de telle sorte que les mesures nécessaires puissent être prises en conséquence ou un traitement instauré.

Cet auto-questionnaire devait pouvoir être utilisé en montagne sans l'aide de professionnels de santé spécialisés.

La construction de ce questionnaire s'est faite en utilisant la méthode de Delphi<sup>23</sup> (Dalkey and Helmer. 1963 ; Brown.1968 ; Broadmann Maeder at al. 2018)). L'étude s'est appuyée sur deux groupes experts : un groupe d'alpinistes de haute altitude ayant expérimenté au moins un symptôme de psychose (Hüfner et al. 2018) et un groupe de psychiatres spécialisés dans la recherche ou la prise en charge de la maladie psychotique.

Le groupe idéal d'experts pour appliquer cette méthode eut été des psychiatres avec une expertise dans la médecine de haute altitude et plus spécifiquement dans la psychose de haute altitude. Un tel groupe n'existait pas lors de l'étude car le concept même de psychose de haute altitude a été posé très récemment dans la littérature médicale.

---

<sup>23</sup> Il s'agit d'une méthode visant à organiser la consultation d'experts sur un sujet précis et visant à obtenir un consensus fiable et objectif.

Les alpinistes devaient uniquement évaluer les symptômes qu'ils avaient pu expérimenter. Les psychiatres devaient s'appuyer sur leur expérience professionnelle, c'est-à-dire la prise en charge de patients psychotiques.

Les énoncés de questionnaires préexistants ont permis la construction de ce questionnaire : Le *Psychotomimetic States Inventory*<sup>24</sup> (Mason et al. 2008) et le *Cardiff Anomalous Perceptions Scale*<sup>25</sup>(Annexe 1) (Bell et al. 2006). Ces deux questionnaires sont des auto-questionnaires évaluant les symptômes psychotiques, et surtout traitant plus spécifiquement des aspects du trouble psychotique qui peuvent être mis en corrélation avec la clinique de la psychose de haute altitude. Tous deux sont en accès libre, gratuit et non soumis à un droit d'auteur. Ces deux questionnaires sont couramment utilisés par des patients non psychotiques et des patients psychotiques. Ces deux questionnaires sont ancrés dans le contexte et l'environnement présents et ne font pas du tout référence à des symptômes psychotiques passés (Konings et al. 2006). Ils ont tous deux été évalués et validés pour une utilisation dans la population générale, chez des sujets *sains*<sup>26</sup> qui dans certain contextes, environnements, événements de vie peut être amenés à présenter des symptômes psychotiques (Mason et Brady. 2009).

Des énoncés supplémentaires ont été ajouté à ceux du PSI et du CAPS incluant les suggestions des experts Delphi.

---

<sup>24</sup> Le PSI permet d'évaluer la survenue d'expériences psychotiques sous cannabis ou kétamine à travers 48 items : Pensées délirantes (8 items), distorsions perceptuelles (9), désorganisation cognitive (9), anhédonie (7), manie (6) et paranoïa (8).

<sup>25</sup> Le CAPS permet d'évaluer la survenue de troubles de la perception à travers 32 items. Il s'agit d'un auto-questionnaire fiable, usant d'un langage adapté. Il permet également d'évaluer la souffrance psychique, et le caractère intrusif de ces expériences ainsi que leur fréquence.

<sup>26</sup> Absence de trouble mental diagnostiqué.

<b>HIGH ALTITUDE PSYCHOSIS SELF RATING QUESTIONNAIRE (HAPSY - Q)</b>			
N°	Statement	Yes	No
1	You hear your own thoughts spoken aloud in your head, so that someone near might be able to hear them		
2	You have a conversation with a person who is not really there		
3	You sense the presence of another being, despite being unable to see any evidence		
4	You feel like you cannot distinguish if you are awake or dreaming		
5	You see a person or a persons' face in front of you even if no one is in fact there		
6	You see shapes, lights or colors even though there is nothing really there		
7	You hear your own thoughts repeated or echoed		
8	You hear sounds or music that people near you don't hear		
9	You hear voices saying words or sentences when there is no-one around that might account for it		
10	You find that your experience of time changes dramatically		
11	You see things that other people cannot		

**Tableau 4** : auto-questionnaire HAPSY-Q (Hüfner et al. 2019)

<b>HIGH ALTITUDE PSYCHOSIS SELF RATING QUESTIONNAIRE (HAPSY -Q)</b>			
N°	Propositions	Oui	Non
1	Vous entendez vos propres pensées exprimées à haute voix dans votre tête, de telle manière que quelqu'un à proximité pourrait les entendre.		
2	Vous avez une conversation avec un individu qui n'est pas vraiment là.		
3	Vous percevez la présence d'un autre être vivant, tout en étant incapable d'en avoir la preuve.		
4	Vous ne parvenez pas à savoir si vous êtes éveillé ou si vous rêvez.		
5	Vous apercevez un individu ou le visage d'un individu en face de vous alors même qu'il n'y a personne à cet endroit.		
6	Vous percevez des formes, des lumières, ou des couleurs même si en fait il n'y a rien à cet endroit.		
7	Vous entendez vos propres pensées répétées ou en écho.		
8	Vous entendez des sons ou de la musique que vos compagnons de cordée n'entendent pas.		
9	Vous entendez des voix (des mots ou des phrases) alors même qu'il n'y a personne aux alentours.		
10	Votre perception temporelle vous semble nettement modifiée.		
11	Vous voyez des choses que les autres ne peuvent pas voir.		

**Tableau 5** : auto-questionnaire HAPSY-Q traduction (Hüfner et al. 2019)

## 2. Navigation

Nombreux sont les skippers qui déclarent avoir eu des hallucinations ou des délires illusoire<sup>27</sup> (Foissaud 1986). Pour la plupart des navigateurs, les hallucinations semblent réelles mais tout comme peuvent l'être les cauchemars (G.Bennet. 1973).

La fatigue progressant, l'illusion générée par un mauvais encodage tend à évoluer vers l'apparition de nets phénomènes hallucinatoires. « *Avec le temps, il n'y avait plus de différence entre dormir et être éveillé. Tu te retrouves à fonctionner un peu comme un somnambule* ». « *Je flottais au-dessus de mon corps, mon corps me servait uniquement à me déplacer sur le bateau* ». « *Un peu comme être ivre ou complètement défoncé* ». (G.Bennet 1973)

L'étude menée en 1972 par G.Bennet, réalisée durant la course en solitaire « La Transatlantique anglaise » s'intéressait déjà aux stratégies de sommeil des coureurs ainsi qu'à toutes les complications médicales et physiologiques rencontrées au cours de la course.

Dans le cas de cette traversée, un participant évoque l'apparition d'hallucinations élémentaires de type phosphènes dans le ciel. Il fait le lien avec les tensions psychologiques créées par une mer particulièrement calme et un épuisement. On observe chez d'autres participants des hallucinations que l'on peut encore qualifier d'illusions : « *le reflet d'une fenêtre... 6 mètres sous la surface* », ainsi qu'une illusion

---

<sup>27</sup> « Un homme est en délire, lorsque ses sensations ne sont point en rapport avec les objets extérieurs, lorsque ses idées ne sont point en rapport avec ses sensations, lorsque ses jugements et ses déterminations ne sont point en rapport avec ses idées, lorsque ses idées, ses jugements, ses déterminations sont indépendants de sa volonté » (Esquirol. 1914).

générée par la confusion entre une baleine et « *un bébé éléphant* » puis une « *Ford* », un autre candidat qui a vu son beau-père au sommet du mât où était fixé le radar.

Un des candidats évoque lui un phénomène hallucinatoire plus complexe, un ami invisible, alors qu'il était épuisé et qu'il ne lui restait plus que très peu de vivres. Il était étendu sur sa couchette lorsqu'il entendit que quelqu'un changeait la direction du bateau. Alors qu'il se dirigeait vers le pont pour voir ce qu'il se passait, il faillit percuter un homme qui descendait de la coursive alors que lui montait. Le navire avait bel et bien été repositionné dans la bonne direction. Ce phénomène eut lieu à plusieurs reprises durant le reste de la traversée.

### 3. Plongée

Signes et symptômes de la narcose à l'azote		
Pression (bar)	Profondeur (m)	Symptômes
2-4	10-30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution de la capacité à effectuer des tâches inhabituelles</li> <li>- Altération modérée du raisonnement</li> <li>- Légère euphorie</li> </ul>
4-6	30-50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réponse retardée aux stimuli visuels et auditifs</li> <li>- Raisonnement et mémoire immédiate plus affectés que la coordination motrice</li> <li>- Erreurs de calcul et de jugement</li> <li>- Fixation d'une idée, anxiété</li> <li>- Assurance et sensation de bien être</li> <li>- Rire contrôlé et loquacité</li> </ul>
6-8	50-70	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Somnolence, erreur de jugement, confusion</li> <li>- Hallucinations visuelles, auditives et cénesthésiques</li> <li>- Retard de réponse important aux stimuli, instructions et signaux</li> <li>- Vertige</li> <li>- Rire incontrôlé, hystérie</li> <li>- Terreur</li> </ul>
8-10	70-90	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Troubles de la concentration, confusion</li> <li>- Stupéfaction, trouble des praxies et perte du sens critique</li> <li>- Troubles mnésiques, excitabilité exponentielle</li> </ul>
10 et plus	100 et plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Majoration des phénomènes hallucinatoires avec une dimension cénesthésique amplifiée. Autoscopie (sensation de flotter)</li> <li>- Accroissement de l'intensité visuelle et auditive</li> <li>- Sensation de perte de connaissance imminente, euphorie, vertige</li> <li>- Eléments délirants, dépressifs</li> <li>- Perte de la notion du temps, changement d'expression faciale</li> <li>- Inconscience, mort</li> </ul>

**Tableau 6** : Signes et symptômes de la narcose en fonction de la profondeur (Edmonds et al. 1981).

#### a. Phénomènes hallucinatoires dans la littérature

Chez les plongeurs respirant de l'air comprimé, des phénomènes hallucinatoires peuvent survenir à partir de pressions absolues de l'ordre de 4 bar (30m), pouvant aller de la simple euphorie à la perte de conscience pour des pressions supérieures à 11 bar (100m) (Bennet. 2004 ; Behnke et al. 1935).

*« A partir de ce moment-là, il commence à y avoir une désorientation spatiale, des troubles de la vision, des hallucinations, une perte de la notion d'espace, et une incoordination motrice et locomotrice. »* (Rostain. 2011)

Cette altération des fonctions cognitives est réversible, survenant au cours de la descente et disparaissant généralement à la remontée. Elle se majore avec la profondeur.

Cliniquement on peut observer (Clark et al. 2003 ; Adolfson et al. 1965) :

- Une sensation euphorique avec surestimation de soi et parfois comportements dangereux,
- Apparition de bouffées d'angoisse,
- Une augmentation du dialogue intérieur,
- Un ralentissement des capacités d'attention et des capacités intellectuelles,
- Une désorientation temporo spatiale,
- Des troubles du comportement,
- Des hallucinations visuelles et auditives. On observe également des hallucinations autoscopiques avec une distorsion du schéma corporel, de la temporalité et de l'environnement.

b. L'échelle narcotique d'Edmonds (tableau 7)

Le rapprochement entre narcose et ivresse s'illustre encore dans l'échelle narcotique d'Edmonds dont les degrés correspondent au nombre de verres de Martini® (blancs) ingérés (Edmonds. 2015). (. Un verre correspond à une profondeur de 23 mètres à l'air et 6 verres à une profondeur de 80 à 93 mètres.

A un niveau **clinique**  
*Echelle des Martini de Edmonds*



Profondeur atteinte en mètres	Niveau de la narcose	Nombre de Martini <sup>®</sup> consommés
23	0	1
24 à 37	1	2
38 à 51	2	3
52 à 65	3	4
66 à 79	4	5
80 à 93	5	6
au dessus de 93	6	7 et plus

**Tableau 7** : correspondance entre la gravité de la narcose à l'azote, la profondeur atteinte et la quantité d'alcool ingéré (Edmonds. 2015).

### III. Les mécanismes Physiologiques expliquant la survenue d'hallucinations

#### 1. Hypoxie hypoxémie hypobarie : Les hautes Altitudes

Altitude (m)	Pression atmosphérique (mmHG)	% O2 disponible	Sommets
0	760	100	Niveau de la mer
1000	675	90	Chamonix (France) Latitude 45°
2000	600	80	Ben Nevis 1 345 m (Ecosse) Latitude 56° <b>Mont Kosciuszko</b> 2228m (Australie) Latitude 36°
3000	525	70	Pic du Canigou 2 785 m (France) Latitude 42° Piton des Neiges 3070m(Réunion) Latitude 21°
4000	460	60	Mont Cervin 4 478 m (Suisse) Latitude 45°
5000	405	50	<b>Elbrouz</b> 4741 m (Russie) Latitude 43° <b>Mont-Blanc</b> 4808 m (France) Latitude 45° <b>Puncak Jaya</b> 4884m (Océanie) Latitude 4° <b>Mont Vinson</b> 4892m (Antarctique) Latitude 80°
6000	355	45	<b>Kilimandjaro</b> 5895 m (Tanzanie) Latitude 3° <b>Denali</b> 6190 m (Alaska) Latitude 63°
7000	310	40	<b>Aconcagua</b> 6962 m (Argentine) Latitude 32° Gauri Sankar 7134 m (Népal) Latitude 27°
8000	265	35	Gangkhar Puensum 7570m (Bhoutan) Latitude 27° Namcha Barwa 7782 m (Himalaya) Latitude 27° Batura Sar 7795 m (Pakistan) Latitude 36° Khunyang Chhish 7823m (Pakistan) Latitude 36° Ngadi Chuli 7871 m (Himalaya) Latitude 27° Shishapangma 8027 m (Himalaya) Latitude 27° Broad Peak 8051 m (Karakoram) Latitude 36° Cho Oyu 8188 m (Himalaya) Latitude 27°
9000	230	30	Dhaulagiri 8167 m (Himalaya) Latitude 27° Lhotse 8516m (Himalaya) Latitude 27° Kangchenjunga 8586 m (Himalaya) Latitude 27° K2 8611m (Karakoram) Latitude 36° <b>Everest</b> 8848m (Himalaya) Latitude 27°

**Tableau 8** : Pression atmosphérique et pourcentage d'oxygène disponible en fonction de l'altitude<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> **En gras** : les sept sommets. Les sept sommets sont les montagnes les plus élevées de chacun des sept continents. En atteindre le sommet est considéré comme un défi de l'alpinisme ; c'est à l'origine une idée de l'Américain Richard Bass datant des années 1980. À cause des différentes interprétations des frontières continentales, il existe deux définitions de la liste des sept sommets. Celle de Bass et celle de Messner qui propose une seconde liste, remplaçant le mont Kosciuszko par le Puncak Jaya, situé en Nouvelle Guinée.

Pour exposer la plupart des mécanismes physiologiques décrits dans ce chapitre je me suis grandement appuyée sur l'ouvrage de West et al, la 5<sup>ème</sup> édition de *High Altitude Medicine and Physiology* (West et al. 2013).

#### a. Hypobarie

La baisse de la pression atmosphérique correspond à l'hypobarie. Elle s'accroît au fur et à mesure que l'on s'élève et l'air devient moins dense. Elle est également plus basse au niveau des pôles.

En résumé : L'atmosphère qui entoure la calotte terrestre est composée d'une première couche appelée troposphère, puis d'une deuxième couche plus épaisse, la stratosphère. La tropopause est la fine zone qui sépare ces deux enveloppes.

La pression de l'air que nous respirons résulte du poids de l'air contenu dans cette épaisse couche. Celle-ci varie avec la latitude : 7 000 mètres au niveau des pôles et près de 18 000 mètres à l'équateur. Ainsi, à altitude égale, un sommet sera plus difficile à atteindre au pôle qu'à l'équateur.

Plus on s'élève, moins la colonne d'air au-dessus de notre tête est importante, plus la pression atmosphérique diminue (tableau 7).

L'hypobarie est à l'origine de contraintes physiques sur notre organisme. Elle provoque une dilatation ainsi qu'une distension des organes creux qu'ils soient mous ou durs. Elle agit particulièrement sur les mouvements d'eau entre les secteurs intra et extracellulaires (Loeppky et al., 2005b), ayant ainsi un impact important dans

la pathogénie du MAM. Elle favorise la survenue de l'Oedème Aigu Pulmonaire de Haute Altitude (OAPHA) ainsi que de l'Oedème Cérébral de Haute Altitude (OCHA).

Il est clairement établi que les symptômes du MAM sont plus sévères en hypoxie hypobarique qu'en hypoxie normobarique (Roach et al., 1996, Loepky et al., 2005b). Une différence de « saturation artérielle en oxygène » ( $SaO_2$ ) est constatée entre des individus soumis à un environnement hypoxie normobare ou hypobare (Self et al., 2011). Et plus la variation de pression se fait brutalement, moins elle est bien supportée et plus le risque de complications graves est élevé. Le lien entre l'altitude, la densité en oxygène et le mal aigu des montagnes a été décrit, pour la première fois en 1878 par Paul Bert dans « La pression barométrique : recherches de physiologie expérimentale » (Bert. 1878).

## b. Hypoxie hypoxémie

Peter Lloyd, un membre du comité de l'Himalaya était le « responsable oxygène » de l'expédition britannique Everest 1953. Il s'agissait d'un ingénieur de talent de la Royal Air Force (RAF) et d'un alpiniste himalayiste chevronné. En tant qu'alpiniste, il aurait souhaité que le sommet de l'Everest soit atteint sans oxygène, mais en tant qu'ingénieur et scientifique, il était persuadé que son utilisation était indispensable. « *Si il (l'Everest) avait fait 300m de moins, il aurait été gravi en 1924. S'il avait fait 300m de plus, il se serait agi d'un casse-tête biophysique.* » (Lloyd. 1939)

En altitude l'hypobarie s'accompagne d'une baisse de pression en oxygène ce qui le rend de moins en moins disponible pour l'organisme. L'hypoxie est la baisse de pression partielle en oxygène dans l'air.

L'air que nous respirons est constitué de 78 % de diazote ( $N_2$ ) pour 21 % d'oxygène ( $O_2$ ) et 1 % de gaz plus rares.

La pression atmosphérique diminuant de manière exponentielle au fur et à mesure que l'on s'élève, la pression partielle en oxygène ( $PaO_2$ ) baisse avec elle. Comme c'est la pression de l'oxygène dans l'air ambiant qui conditionne son captage au niveau des alvéoles pulmonaires, l'oxygène sera de moins en moins disponible avec l'altitude.

(Mont Blanc (France, 4 810 m) :  $PaO_2$  diminuée de 45 %, Aconcagua (Argentine, 6 962 m) :  $PaO_2$  diminuée de 50%, Everest (Chine/Népal, 8 848 m) :  $PaO_2$  diminuée de 75%.)

Cette baisse de la  $PaO_2$  se manifeste dans le sang par une hypoxémie impactant la fonction cellulaire (Pugh. 1969).

### c. Le parallèle avec l'aviation

Le Dr E.L.Lloyd (Department of Anaesthetics, Princess Margaret Rose Hospital, Edinburgh) a remarqué que les hallucinations décrites par le Dr G J Goldberg était probablement liées à une hypoxie chronique similaire à celle expérimentée par les alpinistes. Dans la mesure où une hypoxie aiguë survenant lors de la décompression accidentelle d'une cabine d'avion ne semblerait pas provoquer d'hallucination, cela laisserait penser que les hallucinations survenant lors d'une hypoxie chronique ne résultent pas uniquement d'un manque d'oxygène. L'hypoxie chronique est à l'origine de remaniement du système dopaminergique et a un impact sur les transmissions neuronales (Stewart. 1954).

La pressurisation de la cabine d'un avion permet le vol à haute altitude en évitant les risques physiologiques liés à la baisse de la pression atmosphérique, aux variations de pression en montée ou en descente ainsi qu'à la diminution du taux d'oxygène. On estime que la pressurisation devient nécessaire pour les vols à une altitude supérieure à 3 810 m ; elle est obligatoire au-dessus de 4 572 m. Pour les avions civils la réglementation actuelle impose le maintien d'une altitude-cabine maximale de 2 438 m lorsque l'avion vole à son altitude de croisière maximale.

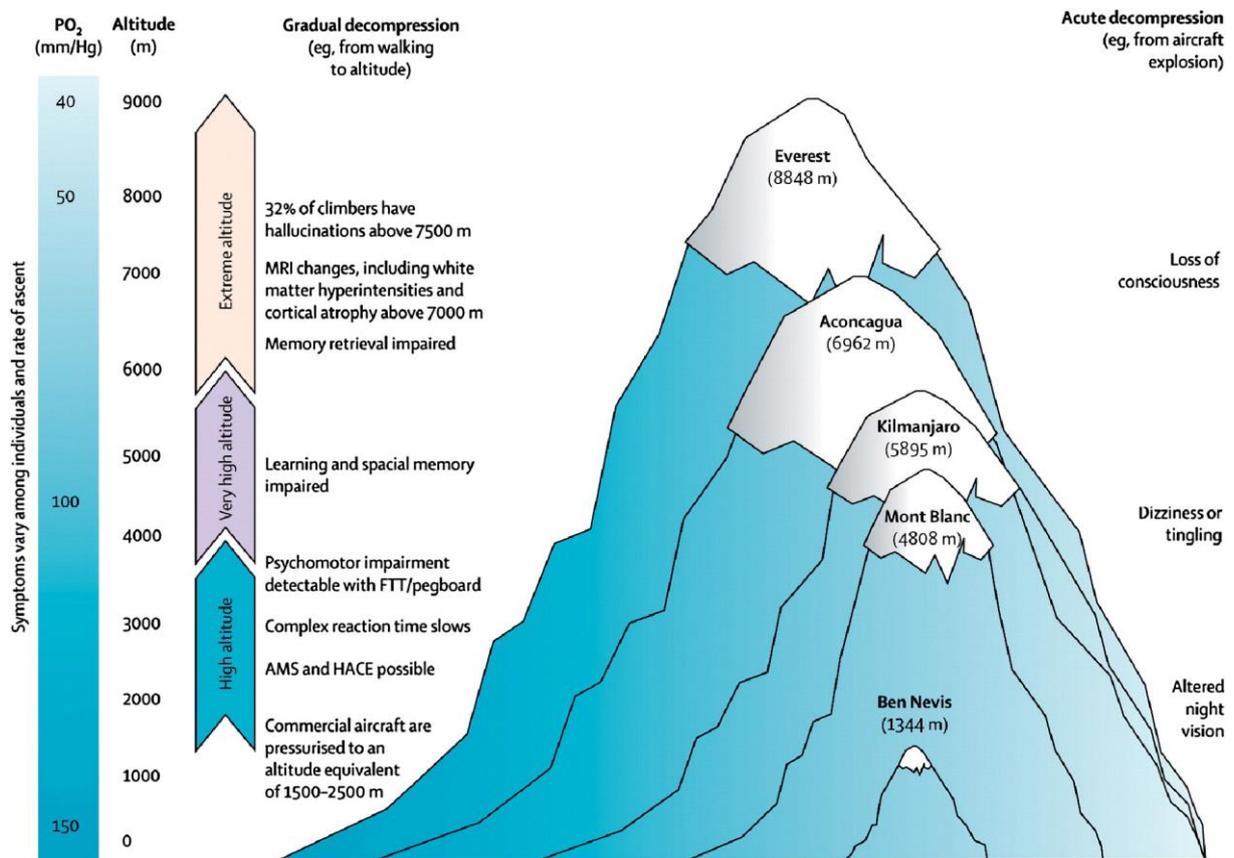
Lors des accidents dus à une décompression lente l'équipage et les passagers perdent connaissance avant de constater un dysfonctionnement du système de pressurisation (Hoffman et al. 1946). L'avion peut alors continuer à voler en pilotage automatique jusqu'à épuisement du carburant.

#### d. Impact fonctionnel

La première fonction à être impactée par l'hypoxie est l'activité musculaire. Elle se dégrade avec l'altitude (Astrand et al.1960 ; Pugh. 1962). Smythe : « *Quiconque fait un effort physique important au-dessus de 6700 mètres devra le payer par la suite.* » (Smythe. 1932). Shipton : « *Les « efforts démesurés » au-dessus de 6700 mètres se font au prix d'un épuisement majeur duquel il n'est pas possible de totalement récupérer sans un repos prolongé à une altitude bien plus basse.* » (Shipton. 1997).

Beaucoup d'autres fonctions se détériorent également (figure 3). Les reins deviennent incapables de réguler les échanges liquidiens. Les fonctions cérébrales sont diminuées et la ventilation s'effectue mal.

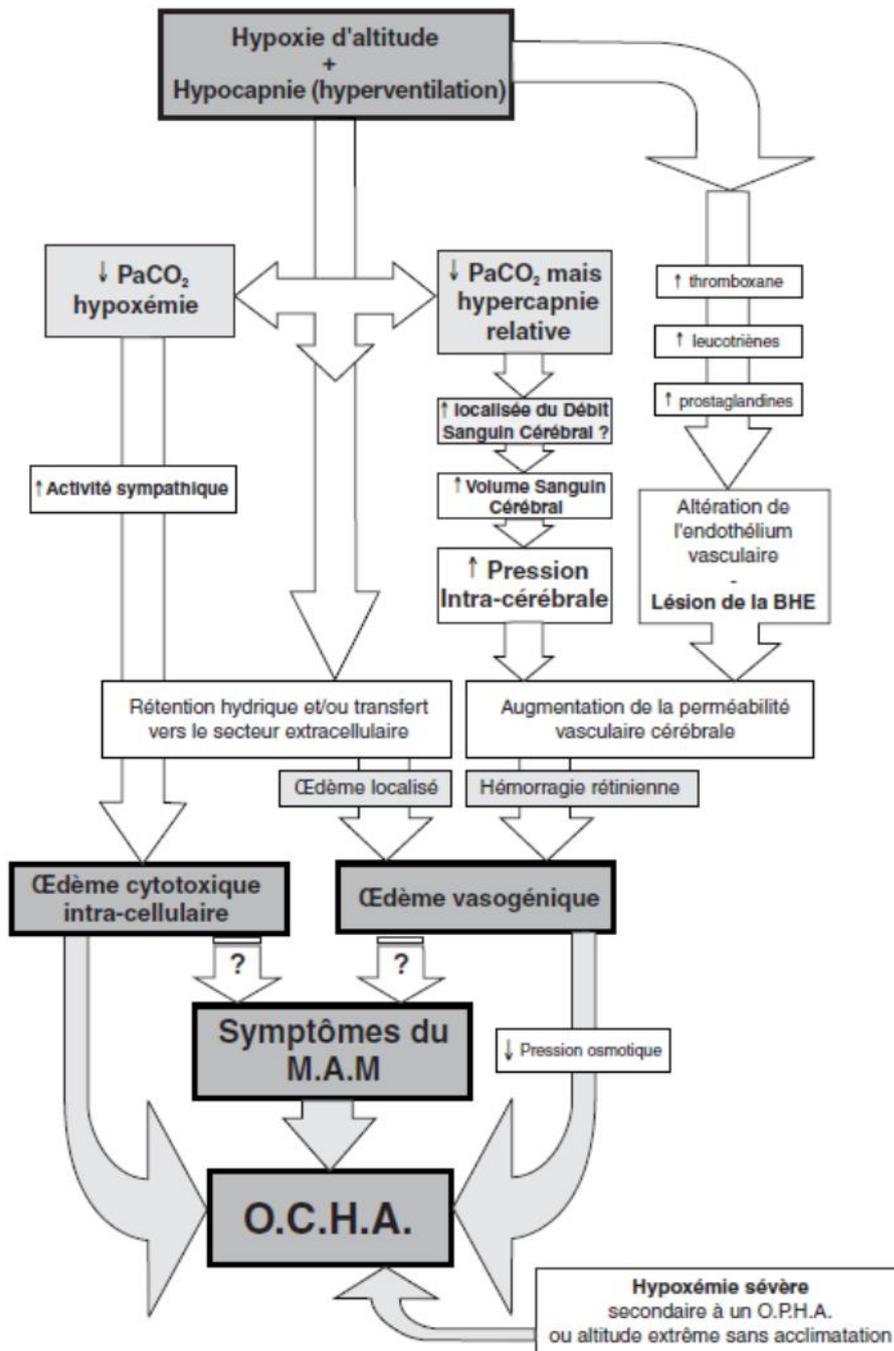
Avec le temps, l'acclimatation devient meilleure, mais la détérioration progresse plus rapidement (Pugh and Ward. 1956 ; Pugh.1962). Dans tous les cas, à ces altitudes, l'organisme ne peut que se détériorer, et dans la mesure où le cerveau est extrêmement sensible à l'hypoxie, c'est le premier organe impacté.



**Figure 3 :** Symptômes neurologiques en lien avec l'altitude : La relation entre l'altitude (classifiée comme haute [1500–3500 m], très haute [3500-5500 m] et extrême [>5500 m]), la pression partielle en oxygène et les conséquences neurologiques d'une exposition aiguë et d'une exposition progressive. (Imray et al., 2010).

#### e. Mal Aigue de Montagne et Œdème Cérébral de Haute Altitude

MAM et l'OCHA sembleraient partager les mêmes mécanismes physiopathologiques (figure 2). En effet, on note également la présence d'un sub-œdème cérébral non cardiogénique d'origine vasogénique (consécutif à l'hypoxémie per se) dans le MAM, plus modéré et qui ne permet pas d'expliquer tous les symptômes (Pugh and Ward. 1956).



**Figure 2 :** Mécanismes physiologiques amenant à la survenue de l'œdème cérébral de haute altitude (OCHA).<sup>29</sup>

<sup>29</sup> BHE : barrière hémato encéphalique. PaCO<sub>2</sub> : pression partielle de dioxyde de carbone.

L'étude de Hackett et al. a montré que l'OCHA se caractérise par un œdème réversible de la matière blanche généralement situé dans le splénium du corps calleux. La matière grise ne semble pas atteinte. Cet œdème n'apparaît ni chez les sujets sains, ni chez les sujets porteurs uniquement d'un OPHA. Cette altération centrale ne concernerait que les sujets atteints de MAM et d'OCHA. (Hackett et al. 1998)

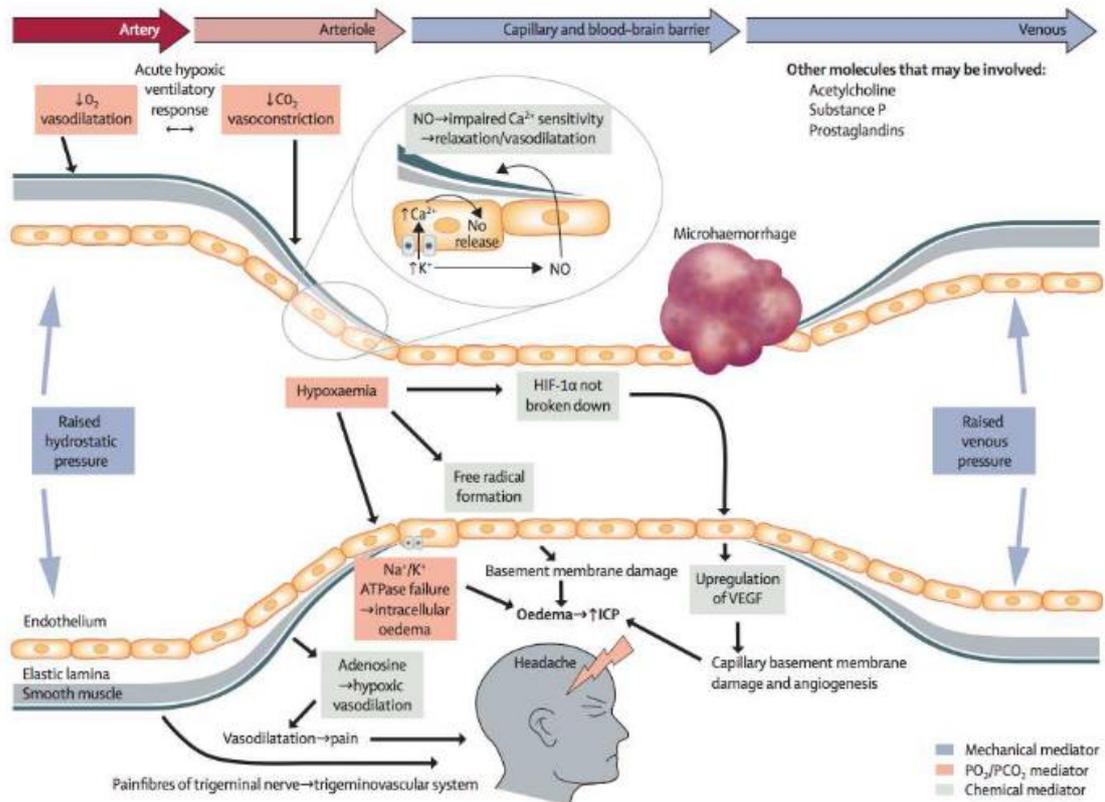
Une altération plus importante de la diffusion de l'O<sub>2</sub> pourrait majorer l'augmentation du volume cérébral et expliquer la survenue d'un OCHA (Bailey et al., 2009). Les céphalées caractéristiques du MAM et de l'OCHA seraient dues à une hyperpression intracrânienne (pression du liquide céphalo rachidien) secondaire à la présence d'eau extracellulaire (Singh et al., 1969, Loepky et al., 2005).

Les facteurs mécaniques provoquent l'augmentation de la pression intravasculaire et induisent un œdème vasogénique ainsi qu'une altération de la paroi vasculaire. L'augmentation de pression peut avoir lieu au sein des artères (pression hydrostatique et augmentation du débit) mais aussi des veines (en cas d'obstruction du débit).

Les pressions partielles en O<sub>2</sub> et en CO<sub>2</sub> ont des propriétés vasoactives, l'hypoxémie induisant une vasodilatation et l'hypercapnie la vasoconstriction. L'équilibre entre ces deux facteurs est contrôlé par la réponse ventilatoire à l'hypoxie.

De plus, un œdème cytotoxique peut résulter de l'altération hypoxique des pompes NaK ATPase. De nombreux médiateurs chimiques peuvent jouer un rôle, et la formation de radicaux libres va favoriser l'œdème vasogénique en s'attaquant

directement aux parois vasculaires. L'accumulation de HIF-1 $\alpha$  et la stimulation de VEGF qui suit peut également contribuer à endommager la membrane vasculaire. Un élément important de l'OCHA est la micro-hémorragie qui peut avoir été causée par l'altération de la membrane vasculaire.



**Figure 4 :** Physiopathologie du MAM. (Wilson et al., 2009)

La lecture se fait depuis l'artère jusqu'à la veine, de gauche à droite.

## f. Hallucinations et troubles neurologiques

Des hallucinations et des troubles moteurs aigus surviennent de manière imprévisible chez des alpinistes suffisamment en bonne santé pour gravir des montagnes de plus de 5000 mètres (Smythe. 1935 ; Herzog. 1952 ; Clarke.1976 ; Bonington. 1977 ; Habeler. 1979 ; Messner.1989 ; Buhl. 1998 ; Groom. 1999 ; Brugger et al. 1997 ; Garrido et al. 2000 ; Dietz and McKiel.2000), tandis que l'OCHA se manifeste souvent de manière plus progressive dans les suites d'un MAM ou d'un OPHA à des altitudes comprises entre 2800 et 6000 mètres (Hultgren, 1997 ; Hackett et al., 1998).

- L'apport de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle dans la compréhension des mécanismes du phénomène hallucinatoire.

L'exploration des mécanismes sous-jacents à l'hallucination a pu énormément bénéficier des progrès des techniques d'imagerie cérébrale et notamment de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle<sup>30</sup> (IRMf). Les deux dernières décennies ont ainsi vu paraître un nombre exponentiel de publications scientifiques centrées sur l'exploration des bases anatomofonctionnelles de l'hallucination, notamment dans la schizophrénie (Jardri, Thomas. 2012). Dans le cas des hallucinations, on note deux types d'études : les études de *trait* et les études d'*état*.

---

<sup>30</sup> Cette technique permet de visualiser de manière indirecte donc non invasive l'activité cérébrale lors de stimulation cognitive, motrice ou sensitive (Bandettini. 2012).

Les études de *trait* comparent les réponses cérébrales des sujets avec et sans hallucinations. Ces études fournissent des informations précieuses sur les bases neurales de la susceptibilité à halluciner. Mais une étude de *trait* ne permet pas de savoir si les patients étudiés hallucinent au moment de l'enregistrement IRMf. Tandis que les études *état* s'intéressent à l'activité cérébrale durant l'expérience hallucinatoire (Jardri, Sommer. 2013). Les études *état* comparent les réponses cérébrales des patients durant les périodes « avec » et les périodes « sans » hallucinations. Certaines études *trait* et *état* s'intéressent à la charge émotionnelle et au sentiment de réalité associé lors de l'expérience hallucinatoire (Jardri et al.2011).

Dans le chapitre consacré à *l'imagerie cérébrale des hallucinations* de l'ouvrage « Imagerie Cérébrale en Psychiatrie », Jardri et al. mettent en avant l'apport des études *trait* et *état* dans la compréhension du phénomène hallucinatoire. Selon eux, les hallucinations acousticoverbales pourraient résulter d'un trouble d'attribution du discours intérieur ainsi que d'une instabilité de l'activité métabolique de repos. Cette instabilité serait également à l'origine de la réactivation spontanée de traces mnésiques, notamment verbales (Jardri et al. 2015). Ces altérations de l'activité fonctionnelle cérébrale chez les patients souffrant d'hallucinations acousticoverbales sont aussi le fait de troubles de connectivité cortico-sous-corticale à grande distance pouvant notamment impliquer des aires dopaminergiques (Jardri et al. 2015).

- L'apport de l'IRMf dans l'étude du phénomène hallucinatoire de haute altitude.

Dans leur méta-analyse regroupant huit études IRMf et TEP comparant 81 patients hallucinés à 108 témoins, Kühn et Gallinat (Kühn, Gallinat. 2012) ont montré que la vulnérabilité à développer des HAV impliquait des variations d'activation fonctionnelle au niveau des lobes temporaux (gyri moyen et supérieur), zones classiquement recrutées dans le traitement de la voix humaine (Belin et al. 2004), mais aussi du langage intérieur (Yao et al. 2011).

Sur les clichés d'imageries cérébrales d'alpinistes d'élite ayant séjourné plus de 300 heures au-delà de 7000m, on observe des zones de nécroses de la matière blanche localisées au splenium et au corps calleux (Oelz et al. 1990 ; Haddad et Jiang. 1993 ; Garrido et al. 1995 ; Hackett & Roach. 2004). Zones qui sont liées à la survenue de phénomènes hallucinatoires (Von Hohenberg et al. 2014).

- Les mécanismes sous-jacents de l'hallucination de haute altitude.

Les similarités retrouvées au sein de toutes les expériences hallucinatoires suggèrent que la survenue d'un dysfonctionnement dans la région temporo pariétale (cortex pariétal inférieur droit et temporal supérieur) serait symptomatologique de l'extrême altitude.

Le traitement et l'intégration vestibulaires de l'information sensitive se fait au niveau du cortex temporo pariétal et des aires associatives (Penfield and Perot. 1963 ; Gloor et al. 1982 ; Sveinbjornsdottir and Duncan. 1993 ; Blanke et al. 2000 ; Blanke et al. 2002 ; Allison et al. 2003 ; Pelphrey et al. 2003).

A la jonction du lobe temporal et du lobe pariétal se trouve le gyrus angulaire droit. Une interruption expérimentale du signal au niveau de l'amygdale droite (Penfield and Perot. 1963 ; Gloor et al.1982) et du cortex pariétal inférieur près du gyrus angulaire (Blanke et al. 2000 ; Blanke et al. 2002) entraîne des troubles vestibulaires. Ils peuvent se manifester par des troubles de l'équilibre, une sensation de tomber, une sensation de présence, des expériences extra corporelles, une sensation de flotter et des distorsions corporelles.

L'amplitude et la durée du stimulus pourrait déterminer la nature de l'expérience (Blanke et al. 2000 ; Blanke et al. 2002, Pelphrey et al. 2003). Une stimulation du gyrus angulaire droit de faible intensité peut entraîner une sensation de chute, et un stimulus de plus forte intensité peut induire des expériences hallucinatoires extra corporelles et autoscopiques (Blanke et al., 2002).

Ainsi, au sein d'une même zone anatomique, les symptômes sembleraient varier en fonction de l'intensité de la perturbation. Une perturbation du système vestibulaire à

différents niveaux de traitement de l'information sensorielle peut entraîner une perte d'équilibre. (Gordon, 1999). L'une des moitiés du duo d'explorateurs Shipton-Tilman, HW Tilman, évoquant son ascension du Kilimanjaro, « *Le pied de l'alpiniste : cette incapacité à mettre un pied devant l'autre.* » (Tilman. 1949).

L'association d'hallucinations et d'une perte du sens de l'équilibre pourrait provenir d'un dysfonctionnement au sein du gyrus angulaire droit au niveau de la jonction temporo pariétale (Firth et al. 2004). Ces dysfonctions seraient majorées par l'hypoglycémie et le froid (Lempert et al. 1994 ; Feddersen et al. 2007).

Les hallucinations auditives et visuelles complexes sont fréquemment rapportées en extrême altitude. Elles peuvent être reproduite expérimentalement par une stimulation électrique du cortex temporopariétal et des régions plus profondes associées (Gloor et al. 1982 ; Sveinsbjornsdottir et al. 1993 ; Blanke et al. 2002 ; Jardri et al. 2011)). De nombreuses pathologies aiguës transitoires de la haute altitude peuvent entraîner des dysfonctions dans ces régions cérébrales. Dans la région du gyrus supramarginal, le cortex temporopariétal est principalement vascularisé par l'artère occipitale dans sa portion temporo latérale et l'artère angulaire, qui sont des branches de l'artère cérébrale moyenne antérieure. Une hypoxie extrême pourrait entraîner des perturbations dans la vascularisation de cette région cérébrale. Cependant, le fait que certaines régions cérébrales et certaines fonctions cognitives soient préférentiellement impactées par l'hypoxie reste inexpliqué.

Une décharge neuronale excessive et une synchronisation exagérée de trop nombreux neurones qui naitrait dans les aires d'associations temporo-pariétales pourrait expliquer la survenue de ces phénomènes hallucinatoires qui apparaissent et disparaissent soudainement.

On peut d'ailleurs faire un parallèle avec la migraine avec aura ou l'ictus amnésique dont la symptomatologie s'expliquerait par la vulnérabilité des neurones de la région CA1 de l'hippocampe à un stress métabolique. Dans ces cas, les lésions résultantes déclenchent une cascade de changements qui mènent à une altération de la fonction de l'hippocampe. Ainsi, les dysfonctions neurologiques aiguës et transitoires de la pathologie de haute montagne (hallucinations, aphasie, troubles moteurs, cécité, amnésie) découleraient d'altérations subtiles neuronales et vasculaires, avec dépression corticale envahissante, similaires à celles de la migraine.

g. L'effet zone de mort (death zone)

« *Tout lieu au-dessus de 8000m appartient aux morts.* »

*Dickinson M. The Other Side of Everest. (1999).*

Au-dessus de 2440 m, on parle de haute altitude et au-dessus de 5490 m, d'altitude extrême (Hultgren. 1997). Aujourd'hui, la zone de mort est communément fixée à 8000m (pour une Pression Pa à environ 265mmHg et une quantité d'oxygène disponible de 35% contre respectivement 760mmHg et 100% au niveau de la mer). Dans la zone de mort et au-delà, l'acclimatation est impossible. Même avec une supplémentation en oxygène l'effet zone de mort subsiste. L'alpiniste sous O<sub>2</sub> respire un mélange de l'air ambiant et de cet O<sub>2</sub>. Ainsi, un alpiniste quel que soit son équipement ne peut rester longtemps à cette altitude. Le débit d'oxygène est bien trop faible. Le corps n'est pas capable de compenser sa consommation en oxygène avec ses réserves. Un arrêt trop long dans cette zone avec ou sans supplémentation en oxygène entraînerait irrémédiablement une défaillance corporelle, une perte de conscience et enfin la mort (Hoffman et al.1946).

Le suisse Raymond Lambert sur le Gaurisankar et le Cho Oyu, « *J'étais surpris de voir à quel point l'expédition avait pris des airs de périple... Nos compagnons étaient résignés ; Ils parvenaient à peine à lutter contre le froid et laissaient la mort s'immiscer en eux sans aucune résistance. Les « redoutable symptômes » de l'altitude.* » (Lambert. 1956). On peut faire le parallèle avec le problème mathématique de la baignoire qui se remplit mais qui présente une fuite, l'acclimatation s'améliore alors que la détérioration ne cesse de progresser.

Eric Shipton : « A des altitudes au-delà de 7620 m, les effets d'une pression atmosphérique extrêmement basse sur le corps humain sont si violents ... qu'une simple tempête peut se révéler fatale... rien ne peut prédire d'un succès même avec des conditions météorologiques parfaites, et jusqu'au dernier moment, l'estimation du jour au cours duquel le sommet sera atteint demeure incertaine. » (Shipton. 1997).

L'incidence des phénomènes hallucinatoires est plus importante pour des altitudes au-delà de 6000m, c'est-à-dire des altitudes extrêmes. Néanmoins, même si l'hypoxie a un effet hallucinogène (Lempert et al. 1994), il existe d'autres facteurs physiologiques concomitants favorisant la survenue d'hallucinations (Heater. 1984) et à même d'induire de fausses perceptions : Un épuisement physique et psychique extrême, une privation de nourriture qui peut induire des troubles métaboliques favorisant les hallucinations (hypoglycémie, cétose...), une déshydratation sévère, une fièvre (Pendlebury et al. 2015), une privation de sommeil (Meyhöfer et al. 2017).

## 1. Restriction et privation de sommeil

*« Aussi, chaque année, n'y a-t-il [au Pôle] qu'un jour et qu'une nuit qui, chacun, durent six mois à peu près »*

*Ptolémée, IIème siècle.*

- **Les hautes altitudes**

*“ Sur l'Everest, un alpiniste est un homme malade qui s'élève dans un rêve. »*

*Tilman HW. Everest 1938. England (1948).*

Pour exposer les mécanismes physiologiques décrits dans ce chapitre je me suis appuyée sur l'ouvrage de West et al, la 5ème édition de High Altitude Medicine and Physiology (West et al. 2013).

En milieu hypoxique, l'oxygénation et le mécanisme de l'encéphale sont globalement préservés si la PaCo<sub>2</sub> demeure supérieure ou égale à 70%. On commence à observer des effets délétères à partir de 3000m.

C'est la nuit que la ventilation est la moins bonne. L'hypoxie nocturne persiste tout au long de l'ascension même avec un niveau d'acclimatement suffisant. La règle chez les alpinistes est : « *Climb high, sleep low* ». Franck Smythe, écrivain et himalayiste des années 1930 l'évoque dans l'un de ses livres : « *Pour parvenir à bien dormir à très haute altitude, il faut vraiment être au bout de ses limites !* » (Smythe. 1937)

Lors d'ascensions en très haute altitude, les niveaux de SaO<sub>2</sub> sont tellement bas que toute désaturation supplémentaire peut être particulièrement délétère. Ainsi, au-delà de 5500m, il faut limiter le nombre de nuits.

L'hypoxie nocturne entraîne un phénomène de respiration périodique de type Cheynes-Stokes.

Ce phénomène est bien connu des alpinistes et des physiologistes. Alors qu'au niveau de la mer, on a plutôt tendance à observer ce type de respiration agonisante chez des malades en phases terminales plutôt que chez des alpinistes ayant une relativement bonne santé physique (Lankford. 2014)

Franck Smythe : « *La respiration de Cheyne-Stokes est bien connue de ceux qui grimpent très haut...Le fait qu'en temps normal elle ne soit observable que chez des personnes mourantes est bien la preuve que l'Everest est comme nul lieu sur Terre, une espèce de frontière entre-deux mondes* » (Smythe. 1937).

Elle survient la plupart du temps en phase II de sommeil précoce. Cette oscillation est liée à des variations de la boucle de régulation centrale de la ventilation :

- L'hypoxémie stimule les chémorécepteurs périphériques et provoque une hyperventilation.
- L'hypocapnie associée inhibe les centres respiratoires bulbaires qui induisent des apnées pouvant durer plus de 20 secondes (jusqu'à 2 minutes dans l'Himalaya).
- Après une hyperpnée suivant l'apnée, le cycle de régulation respiratoire peut ensuite reprendre.

On peut constater jusqu'à 90 pauses respiratoires par heure de sommeil. Sur une nuit de 8h par exemple, cela peut faire jusqu'à 3h de temps cumulé sans respirer.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la respiration périodique d'altitude n'est pas un indicateur d'intolérance à l'altitude, au contraire. C'est en fait le reflet d'une bonne sensibilité des récepteurs au manque d'oxygène et de CO<sub>2</sub>.

Certes, les sujets dont les récepteurs sont très réactifs font plus d'apnées, mais leur niveau de saturation moyen au cours de la nuit reste significativement plus élevé que les sujets peu sensibles (Nespoulet. 2011)

Le géomètre canadien E.O. Wheeler lors de l'expédition britannique sur l'Everest (1921) décrit cette sensation si particulière : « *Je suis sur le point de m'endormir... J'ai la sensation de retenir ma respiration et l'instant d'après je me réveille le souffle court* » (Davis. 2011). Cette hypoxie nocturne s'accompagne d'une hypoxémie profonde pouvant favoriser la survenue du M.A.M. (Eichenberger et al. 1996) puis d'OCHA. Une personne présentant les symptômes d'un MAM sévère ne doit pas dormir sous peine d'œdème voir de mort. « *C'est la nuit que l'œdème (OCHA) se prépare, et c'est le matin, au chant du coq, qu'il achève sa victime.* ». A partir de 4000m, il est d'ailleurs déconseillé de dormir seul.

- **La haute mer**

La survenue d'hallucinations est plus courante dans les courses longues et coïncide avec une dégradation des performances cognitives en lien avec une fatigue, un manque de sommeil ou une dette de sommeil importante ainsi que des tâches répétitives. Elles peuvent également survenir dans les courses très courtes dans la mesure où le skipper ne s'autorise pas de temps de sommeil. Tiberge (1992) observe que durant une course de 3 jours, les marins dorment très peu et installent très rapidement une dette de sommeil. Elles sont précédées par une baisse de la réactivité, des facultés de réflexion, d'analyse et de la prise de décision (VanDongen et coll. 2005).

Dans l'étude de Theunynck et coll. (2010), réalisée à partir d'observations en mer lors de la course autour du monde en solitaire « *Le Vendée Globe 2004-2005* », tous les sujets déclaraient avoir déjà connu de fortes dégradations de leurs capacités cognitives en lien avec une privation de sommeil. Durant ces périodes, la survenue d'hallucinations visuelles et auditives est courante. Les sujets les évoquent lors de courses inférieures à 20 jours, mais aussi lors de surcharge de travail dans les épreuves plus longues. Selon les sujets, le temps de sommeil en mer, serait diminué d'environ un tiers par rapport au temps à terre (5h8 vs 7h55). Les skippers fractionnent le temps de sommeil pour s'adapter aux contraintes de la conduite du voilier.

L'étude menée en 1972 par G.Bennet, réalisée durant la course en solitaire « *La Transatlantique anglaise* » s'intéressait déjà aux stratégies de sommeil des coureurs

ainsi qu'à toutes les complications médicales et physiologiques rencontrées au cours de la course. La plupart des participants se réveillaient à intervalles réguliers afin de s'assurer qu'ils maintenaient la bonne direction, que les voiles étaient réglées et que le matériel était opérationnel. L'un des concurrents se réveilla toutes les 30 minutes, jour et nuit, durant 38 jours.

La course au large en solitaire constitue également une pratique sportive en conditions extrêmes. A cela s'ajoute une restriction/privation chronique de sommeil durant de très longues périodes. Sans compter l'exposition aux éléments, le mal de mer, l'angoisse et une alimentation insuffisante qui renforcent la fatigabilité. Le skipper doit faire à la fois appel à ses qualités physiques tout comme il doit mobiliser ses compétences cognitives. L'un ne va pas sans l'autre.

C'est généralement entre le deuxième et le troisième jour de nette restriction de sommeil (4h par jour) que les performances chutent brutalement (Hursh et coll. 2004). L'inertie du sommeil<sup>31</sup> entraîne une baisse de la vigilance du navigateur durant la période suivant une sieste. En temps ordinaire, elle est estimée à 60 minutes. Dans le cas d'une telle restriction de sommeil, elle prend une dimension très importante (Van Dongen. 2005) ne permettant plus de retrouver un niveau correct de performance au cours de la journée, le phénomène s'aggravant au fur et à mesure que la restriction persiste.

*« Une somnolence permanente. » « L'esprit engourdi. Cela te prend des heures pour effectuer la moindre action, puis tu te rends compte que tu as hissé la voile à l'envers », « Je travaillais de manière très limitée, très lentement. En pensant tout aussi lentement. » (G.Bennet. 1973)*

---

<sup>31</sup> Une période de capacité de performance réduite après le réveil.

Les marins sont au fait de cette inertie du sommeil mais ils ont tendance à la minimiser, l'estimant à moins de 3 minutes. Cependant, il est fort probable que l'inertie perçue soit différente de l'inertie réelle. La motivation semblerait limiter cette inertie ou plus vraisemblablement masquer sa perception. (Theunynck et coll. 2010)

L'adaptation physique dépendra du niveau d'entraînement, de l'exercice physique en tant que tel et du moment de survenue dans la journée. Cependant une dette de sommeil trop importante entrainera une perturbation de l'état psychique ainsi qu'une fatigue psychomotrice (Meney. 1998 ; Atkinson et Reilly. 1996 ; Van Dongen et Dinges. 2005).

Cela peut expliquer l'apparition d'hallucinations qui auront une incidence indirecte sur la survenue d'incidents et d'accidents (Tâches tactiques et techniques altérées).

### 3. Hyperbarie, narcose aux gaz inertes : Les grandes Profondeurs

« *La narcose, c'est magique, c'est agréable, c'est grisant* »

Valérie Honoré-Castellin (1987).

Les troubles de la narcose ont été décrits pour la première fois en 1875, par Junod dans son « *Traité thérapeutique et pratique de l'hémospasie* », qui décrit chez les scaphandriers lourds « *une imagination vive et des pensées qui ont un charme particulier* » (Junod.1875).

La Narcose est étudiée depuis 1935, mais il n'existe toujours pas d'explication claire à ce phénomène. Cependant l'intérêt porté par l'Armée et l'industrie pétrolière à ce sujet a permis d'accélérer la recherche dans ce domaine. Il est à l'origine de découvertes scientifiques qui s'accordent toutes sur un point : le diazote sous pression change de structure moléculaire et a alors un effet sur les cellules nerveuses. Il perturbe certains neurotransmetteurs, ralentissant la diffusion des signaux.

#### a. Narcose aux gaz inertes

Le diazote (N<sub>2</sub>) est un gaz inerte, c'est-à-dire qu'il n'est pas métabolisé par l'organisme, ne rentrant dans aucune équation chimique, et est de ce fait seulement influençable par des facteurs environnementaux tels que la pression. L'apparition de symptômes résulte de la pression partielle élevée d'azote dans l'organisme, et c'est

par cette dernière que la profondeur démasque la narcose (Behnke, Thomson et al. 1935 ; Unsworth. 1966 ; Adolfson 1975 ; Abraini et al. 2006 ; Edmonds. 2015).

<b>Pouvoir narcotique des gaz inertes rapporté à celui de l'azote</b>			
(Liposolubilité dans l'huile dans l'huile à 37° à pression atmosphérique)			
Gaz inerte	Masse molaire (g/mol)	Liposolubilité (ml/l)	Pouvoir narcotique
He	4	15	0,07
Ne	20,18	19	0,3
H2	2	50	0,6
N2	28,01	67	1
Ar	39,94	140	2,3
Kr	82,8	430	10
N2O	44,01	1400	28,1
Xe	130	1700	34,5

**Tableau 9** : Le pouvoir narcotique est uniquement corrélé à la solubilité du gaz inerte dans l'huile. Le protoxyde d'azote (N2O) et le Xenon (Xe), très solubles dans la bicouche lipidique sont déjà narcotiques à pression atmosphérique (Risso et al., Médecine et armées, 2015, 43, 1, 95-100).

Ce phénomène s'applique à tous les gaz diluants de l'oxygène, d'où le terme de « narcose aux gaz inertes ». Pour un gaz donné, il existe une pression partielle seuil, au-delà de laquelle les symptômes apparaissent et se majorent avec l'augmentation de la pression (Silberberg.2009). Ainsi, la narcose est également constatée lorsque l'on remplace l'azote par un autre gaz neutre d'un poids comparable, comme l'argon, mais elle disparaît complètement si on lui substitue un gaz léger, l'hélium (pouvoir

narcotique dix fois moindre que celui de l'azote) ou l'hydrogène (Bennett. 2004 ; Hesser et al. 1978). Les plongées profondes de l'anglais Bollard à l'hélium (180m) et du suédois Zetterström à l'hydrogène (160m) en témoignent. Mais ce type de mélanges respiratoires synthétiques restent encore du domaine du laboratoire, de la défense nationale ou de la grosse industrie.

Le plus narcotique de ces gaz inertes est le xénon. Il s'agit d'un anesthésique et donc narcotique à pression atmosphérique (Franks et al. 1982). Ce qui prouve bien que la narcose ne s'explique pas uniquement par une variation de pression, même si, pour exprimer leur pouvoir narcotique, certains gaz doivent être sous pression.

Les chercheurs s'accordent tous sur une relation entre la solubilité des gaz sous pression et leur pouvoir narcotique, mais le mécanisme exact qui conduit à ces perturbations fait toujours l'objet de plusieurs théories.

La théorie lipidique a été l'unique référence pendant de nombreuses années, mais c'est aujourd'hui la théorie protéique qui prédomine.

#### b. La théorie lipidique

Elle se base sur les études menées par Albert Behnke, un médecin américain qui fut, en 1935, le premier à effectuer des recherches sur la narcose (Behnke. 1935). Elle est attribuée à Miller, Paton, et Smith, qui présentèrent cette hypothèse en 1973.

Selon eux, les propriétés narcotiques de l'azote sous pression seraient liées à l'affinité d'un gaz pour les lipides (Miller et al. 1973, Brubakk et al. 2014).

C'est la couche lipidique de la cellule, constituée d'une couche hydrophile encadrée par deux couches hydrophobes plus ou moins denses, qui serait impliquée. Le diazote saturerait les couches lipidiques des neurones, causant leur dilatation (Abraini et al. 1998 ; Franks. 1984). Les ions auraient alors du mal à passer d'un côté à l'autre, provoquant un ralentissement de l'influx nerveux (Miller. 1973).

Le diazote est une molécule de taille moyenne qui peut se fixer dans un grand nombre de sites, et donc avoir un pouvoir narcotique important, au contraire de l'hélium.

*« Au niveau des site hydrophobes seulement certaines molécules vont pouvoir se fixer en fonction de leur diamètre et de leur volume. Plus une molécule est petite plus il va y avoir un grand nombre de sites qui vont pouvoir recevoir cette molécule, et vice-versa. »* (Rostain et al. 2011)

Les travaux de plusieurs scientifiques ont permis de montrer qu'il existait d'autres mécanismes à même d'expliquer la narcose.

### c. La théorie protéique

Elle a été évoquée pour la première fois en 1960 par l'américain R. Featherstone. Mais c'est seulement depuis les années 2000 qu'elle est devenue l'hypothèse de référence. Les chercheurs Nicholas Franks et William Lieb découvrirent que le xénon, gaz inerte et narcotique à la surface (1 bar), se liait aux protéines neuronales (Franks et al. 1994).

Le diazote à pression importante agirait comme un modulateur allostérique, c'est à dire qu'il a un effet direct sur les récepteurs membranaires des neurones (Roth. 1980 ; Bennett 1966 ; Abraini et al. 2003). Plus spécifiquement, le diazote agit sur les neurones dopaminergiques des ganglions de la base (qui servent à réguler les fonctions motrices et cognitives).

Les études menées par l'équipe de Rostain chez le rat ont permis d'identifier les différentes structures et neurones impliqués dans la narcose ainsi que leurs interactions « *La substance noire pars compacta, la substance noire pars reticulata, le striatum et le thalamus sont les structures des ganglions de la base, impliqués dans la régulation des processus moteurs, locomoteurs, et cognitifs.* » (Rostain et al. 2011 ; Rostain and Lavoute 2016).

Les neurones impliqués dans cette régulation sont dopaminergiques, GABAergiques, et glutamatergiques (glutaminergiques). Ceux-ci produisent respectivement de la dopamine, de l'Acide Gamma Amino Butyrique (GABA), et du

glutamate (David et al. 2001). Ces trois types de neurones fonctionnent ensemble, et ont un effet sur les réseaux cérébraux précédemment cités (figure 5).

Lorsqu'une molécule de diazote se fixe sur le récepteur GABA du neurone dopaminergique, celui-ci est inhibé (Vallee et al. 2009). Il va donc produire moins de dopamine, ce qui va activer le neurone GABAergique en retour. La production de GABA va commencer, ce qui va encore réduire l'activité du neurone dopaminergique, et celle du neurone glutamatergique par la voie nigrostriée (Lavoute et al. 2012). Or la dopamine et le glutamate servent principalement à relayer des informations dans le système nerveux. Puisque ces neurotransmetteurs sont produits en petite quantité, il y a un ralentissement du flux d'information neuronale, ce qui explique les troubles moteurs, locomoteurs, et cognitifs dus à la narcose (Abraini et al. 1997).

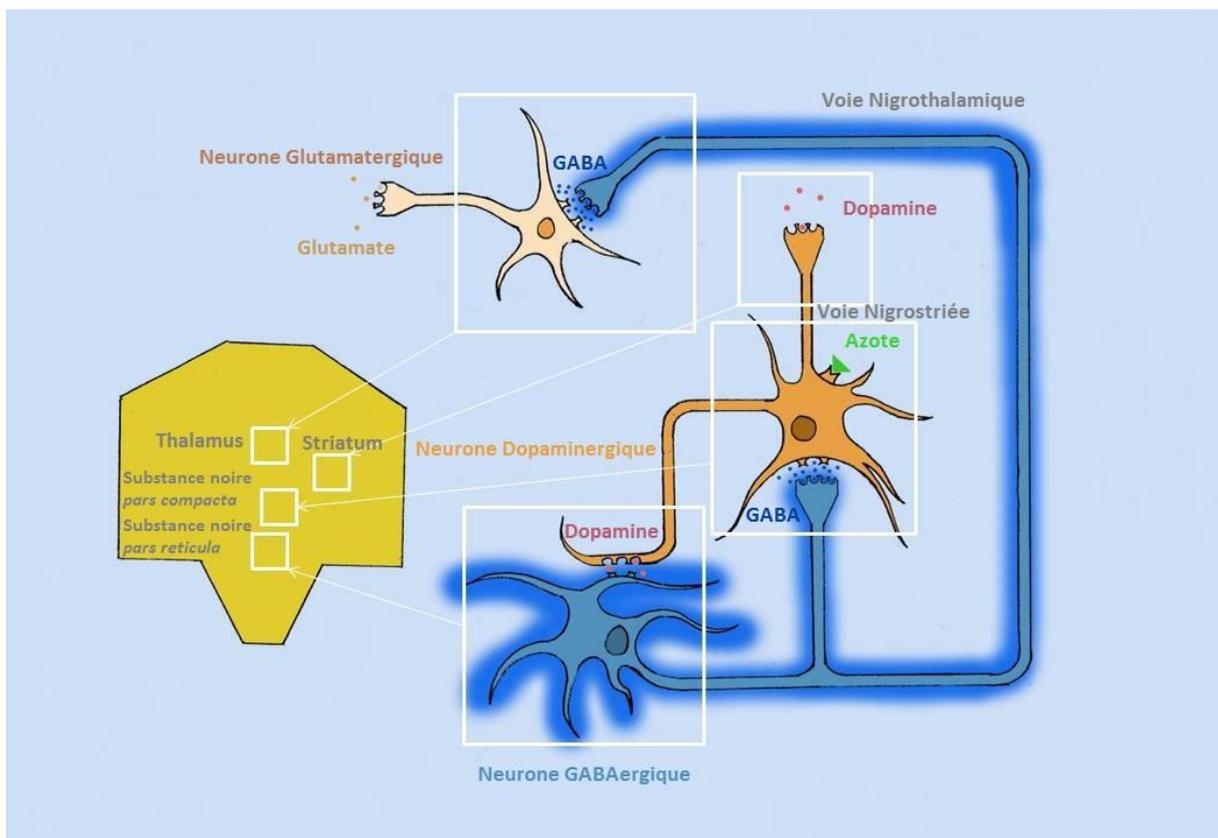


Figure 5 : Interactions entre les différents neurones dans les structures des ganglions de la base sous l'influence du diazote (Rostain et al. 2006).

#### d. Le Syndrome Nerveux des Hautes Pressions (SNHD)

Il s'agit d'un trouble neurophysiologique de la plongée qui peut survenir au-delà de 100m de profondeur (11bar) chez un plongeur utilisant un gaz respiratoire à base d'hélium. Les effets ressentis et la gravité de ces effets dépendent de la vitesse de descente, de la profondeur et du pourcentage d'hélium (Bennett. 2004).

Les "*tremblements à l'hélium*" ont été largement décrits pour la première fois en 1965 par le physiologiste de la Royal Navy Peter B. Bennett. Le scientifique russe GL Zal'tsman a également signalé des tremblements d'hélium dans ses expériences à partir de 1961 (Thorne et al. 1974).

Le terme Syndrome Nerveux des Hautes Pressions a été utilisé pour la première fois par Brauer en 1968 pour décrire les symptômes combinés de tremblements, de modifications de l'électroencéphalographie (EEG), de troubles visuels et de somnolence qui sont apparus lors d'une plongée en chambre à 362 m de profondeur (37bar) à Marseille (Jain. 1994).

La théorie lipidique suggère une distorsion de la couche lipidique par la pression, permettant ainsi des échanges plus rapides la couche lipidique serait au contraire comprimée, annulant les effets de la Narcose. Les échanges sont plus rapides, les ions passent cette fois-ci trop rapidement expliquant l'excitabilité des individus.

Les chercheurs qui soutiennent la théorie protéique l'expliquent quant à eux par une inhibition des neurones GABAergiques par la pression.

## IV. Mécanismes psychologiques expliquant la survenue d'hallucinations

### 1. Isolement social

*« Le silence était presque inquiétant. On pouvait s'imaginer sur une autre planète, morte. Je pouvais facilement imaginer que nous n'étions pas sur la Terre, mais sur la surface de la Lune. Tout était tellement calme et mort et froid et loin du monde terrestre. »<sup>32</sup>*

*Desmond J. Lugg, Antarctica as Space (1994).*

Les mécanismes qui pourraient expliquer la survenue d'hallucinations de Haute Altitude pourraient être une privation sensorielle et sociale associée à un stress psychologique. Les privations sociales et affectives sont en psychiatrie un facteur de décompensation majeur sur un mode confuso-hallucinatoire (Daniel et al. 2014). Ce phénomène a d'ailleurs pu être observé lors du premier confinement COVID-19 chez certaines personnes vulnérables (Mengin et al, l'Encéphale 2020).

Il semblerait y avoir un lien entre la survenue d'hallucinations et les ascensions en solitaire (Brugger et al. 1999). La privation sociale est un facteur favorisant la survenue d'hallucinations chez des *personnes saines*<sup>33</sup> (Dewi. 1971 ; Holroyd et al. 1992), que ce soit chez les alpinistes, les explorateurs ou les navigateurs (Suedfeld & Mocellin. 1987). On peut constater que les contenus hallucinatoires visuels et auditifs sont souvent composés d'éléments tels que des figures humaines familières,

---

<sup>32</sup> Les similitudes de l'environnement antarctique avec celui de Mars intéressent beaucoup les planétologues. La NASA y est installée depuis les années 1970.

<sup>33</sup> C'est aussi un facteur favorisant des hallucinations dans les Démences de type Alzheimer (DTA) (El Haj, M. Cognitive Neuropsychiatry 2016)

des voix et des conversations, de la musique, des animaux, et des objets du quotidien (Brugger et al. 1999 ; G.Bennet 1973).

Shackleton rapporte de son expédition le souvenir d'un iceberg hors du commun qui s'est métamorphosé sous les yeux des membres de l'équipage en « un monstre Antédiluvien, un Cerbère de glace » qui semblait pleurer alors que sa tête dodelinait sous la brise glacée. Il écrit :

*« Le lecteur trouvera peut-être cela farfelu, mais à ce moment, cela semblait tellement réel. Les personnes qui vivent de manière civilisée, entourées par des formes de vie variées et par des objets réalisés par les mains de l'homme, peuvent à peine réaliser avec quelle rapidité l'esprit, influencé par ce qu'il voit, répond à l'extraordinaire et construit d'étranges mirages.... Cela faisait longtemps que nous vivions au milieu de la glace, et nous nous sommes efforcés presque inconsciemment à voir des visages humains et des formes vivantes dans les contours fantastiques et les formes disloquées de la banquise et des montagnes. »*

La présence d'un ami invisible est sans aucun doute l'hallucination qui permet au mieux de palier à cette souffrance psychique générée par l'isolement (Brugger et al. 1999).

## 2. Le troisième homme/ the third man/the sensed presence

Ce type d'hallucination est parfois nommé le « *syndrome du Chemin de Damas* ». Il s'agit du chemin sur lequel Paul de Tarse, le futur saint Paul, eut une vision aveuglante du Christ qui lui demandait pourquoi il le persécutait.

Les alpinistes de hautes altitudes rapportent un nombre particulièrement élevé d'illusions sur un mode cénesthésique (Child. 1989 ; Messner. 1978 ; Brugger et al. 1999) avec régulièrement une dimension autoscopique (Brugger et al. 1997, 1999). L'alpiniste a généralement la sensation d'être accompagné d'un ami imaginaire. Cette certitude de ne pas être seul peut également être retrouvée chez des patients présentant des troubles neurologiques et particulièrement chez ceux souffrant de lésions cérébrales des régions temporo-pariétales (Brugger et al. 1996 ; Dening et Berrios, 1994).

Si l'on soumet un sujet à un environnement extrême, il peut être amené à désirer si fortement une présence réconfortante que son cerveau va en fabriquer l'illusion. Le sujet sollicite l'hippocampe (porte d'entrée dans la mémoire à long-terme) pour produire l'image récente d'une personne soutenante. Cette représentation complexe est généralement associée à une activation des aires sensorielles associatives. Le stress et un insight défaillant empêchent l'arrivée de données perceptives qui auraient pu invalider son interprétation (Dening et Berrios. 1994). Le cerveau est alors incapable de savoir que l'image a été auto-générée et d'en déduire l'origine interne/externe. Ainsi, le sujet conclut à la présence d'un objet visuel extérieur. La personne voit vraiment, car *voir* découle d'une activation des aires impliquées dans la vision (Bernard Amy. 2020).

### 3. Isolement perceptuel : l'effet Ganzfeld

*« La mer est là, magnifique, imposante et superbe, avec ses bruits obstinés.  
Rumeur impérieuse et terrible, elle tient des propos étranges. Les voix d'un  
infini sont devant vous. Rien de la vie humaine. »*

*Eugène Delacroix*

L'effet Ganzfeld qui signifie littéralement « champ entier » en allemand correspond à une déprivation perceptuelle.

Cette « méthode » découle d'expériences menées par le neuropsychologue Donald Hebb sur ses étudiants volontaires à l'Université McGill à Montréal et financées par la CIA au début des années 1950. Elle était destinée à être utilisée comme arme de torture psychologique<sup>34</sup>.

Il s'agit d'une expérience de perception produite par l'exposition à un champ de stimulation uniforme et non structuré. Les perceptions disparues entraînent une amplification de l'activité neuronale latente afin de compenser et remplacer ces perceptions. L'effet Ganzfeld peut être reproduit en fixant un champ de couleur uniforme. L'effet visuel est alors comparable à une perte de vision, le cerveau coupant le signal provenant des yeux, inchangé. L'observateur est alors soumis à une cécité apparente. Des hallucinations visuelles ainsi qu'un état de conscience modifié peuvent survenir.

---

<sup>34</sup> Cette torture a également été utilisée par la CIA au camp de Guantanamo puis en Irak où des prisonniers sont incarcérés en privation sensorielle. De même, le régime des frères Castro, à Cuba, a utilisé cette technique de torture au sein de la Villa Marista, à La Havane.

L'artiste américain James Turrell a créé plusieurs œuvres utilisant cet effet, intitulées Ganzfelds.

La course en solitaire, « *La Transatlantique anglaise* » de 1972, fut dominée par des temps de mer très calme. Un temps qui est source de tension psychologique. L'un des compétiteurs rapporte « *Ces calmes, ils me rendent fou, c'est pourquoi je préfère les tempêtes* ». « *Je me sens comme un prisonnier dans une cellule bien approvisionnée mais avec personne autour de moi pour me donner la date de fin de ma peine* » « *Une autre misérable, misérable journée dans cette étendue déserte* » (G.Bennet 1973).

Les navigateurs en solitaire peuvent être confrontés à ce type de phénomènes hallucinatoires, surtout par mer calme. Une étendue sans fin brillante et lisse d'eau, un ciel tout aussi vide et infini, le gémissement du vent dans le gréement, le bruit invariable et monotone des vagues, autant d'éléments qui peuvent également amener à la survenue d'hallucinations. C'est l'exposition à une combinaison de ces éléments qui rend le navigateur tellement vulnérable à la survenue de perturbations perceptuelles. Ces phénomènes ne sont pas propres à la mer. Ils ont également été décrits dans les hautes latitudes polaires et dans les très hautes altitudes montagneuses.

Les explorateurs de contrées glacées soumis à des étendues blanches infinies, un paysage uniforme et monotone, sont eux aussi régulièrement confrontés à ces phénomènes hallucinatoires.

#### 4. Isolement sensoriel

*“Le silence éternel de ces espaces infinis m'effraie.”*

*Blaise Pascal, Pensées (1670).*

La privation sensorielle est un effet similaire. Toutefois, dans le cadre d'une privation sensorielle, l'intensité du stimulus est minimisée plutôt que non-structurée.

La production d'hallucinations par privation sensorielle ou perceptive est connue depuis longtemps. Les adeptes de Pythagore se retirent dans des grottes intégralement sombres pour obtenir sagesse à travers leurs visions.

La plongée crée une situation de privation sensorielle (microgravité, champ visuel pauvre avec éclairage réduit, bruit monotone, isolement...). Cette situation pourrait être un facteur, non pas causal, mais favorisant le développement de la narcose aux gaz inertes en condition de plongée en eau.

Les hallucinations provoquées par une privation sensorielle sont similaires à celles causées par un Ganzfeld lumineux, comme des flashes lumineux ou des visions colorées. Dans les deux cas, ces hallucinations peuvent provoquer des scènes complexes, des phénomènes de déréalisation, de dépersonnalisation voire des illusions sensorielles. Un ganzfeld vacillant provoque des visions de motifs géométriques.

## 5. Péril imminent, danger de mort

*« Cherche hommes pour voyage dangereux. Petits gages, froid rigoureux, longs mois de nuit complète, dangers permanents, retour incertain. Honneur et reconnaissance en cas de succès ».*

*Shackleton, L'Odyssée de l'Endurance, (1988).*

Les expériences extracorporelles ainsi que l'autoscopie peuvent se manifester comme les symptômes d'un stress post-traumatique, ce qui confirmerait la théorie selon laquelle les expériences extracorporelles pourraient être une réponse fonctionnelle du cerveau, en présence de différents facteurs étiologiques, dont, justement, l'état de stress post traumatique (Podoll et Robinson, 1999). Une telle théorie neuropsychologique vient étayer les théories psychologiques existantes sur les expériences extracorporelles, qui considèrent le phénomène comme un représentant d'expériences hallucinatoires basées sur l'imagination et la mémoire.

Dans des situations stressantes et déstabilisantes sur le plan émotionnel, les endorphines peuvent également avoir des propriétés hallucinogènes (Carr. 1984 ; Jansen. 1989). Ce peptide agissant tel un neuromédiateur abaisserait le seuil épiléptogène, induisant des crises d'épilepsie temporale (Henriksen.1978). Ce mécanisme pourrait ainsi indirectement favoriser la survenue d'hallucinations (hallucinations auditives, état de rêve, sensation de *déjà vu* (O'Connor & Moulin. 2010 ; Sengoku. 1997)) lors de situations particulièrement stressantes (Blackmore. 1996). En stimulant des zones du lobe temporal chez des patients conscients, Wilder Penfield a montré que cela provoquait des hallucinations d'expériences passées.

On a attribué récemment l'« impression de déjà vu » à un dysfonctionnement de la mémoire, et une incapacité à identifier les expériences comme nouvelles. Une stimulation du cortex entorhinal serait à l'origine de cette impression, et on peut donc supposer que cette zone serait impliquée dans la distinction entre l'inconnu et le familier. Par ailleurs, la stimulation d'une certaine région du lobe temporal droit provoquerait le sentiment du divin, ou l'expérience de religiosité. Cette région est parfois nommée « point de dieu ».

## Conclusion

« J'ai rendez-vous avec Pierre à quatre heures. J'arrive en retard d'un quart d'heure : Pierre est toujours exact ; m'aura-t-il attendu ? Je regarde la salle, les consommateurs, et je dis : "Il n'est pas là." (...) "J'ai tout de suite vu qu'il n'était pas là"... Il est certain que le café, par soi-même, avec ses consommateurs, ses tables, ses banquettes, ses glaces, sa lumière, son atmosphère enfumée, et les bruits de voix, de soucoupes heurtées, de pas qui le remplissent, est un plein d'être. Et toutes les intuitions de détail que je puis avoir sont remplies par ces odeurs, ces sons, ces couleurs... Mais il faut observer que, dans la perception, il y a toujours constitution d'une forme sur un fond. Aucun objet, aucun groupe d'objets n'est spécialement désigné pour s'organiser en fond ou en forme : tout dépend de la direction de mon attention. Lorsque j'entre dans le café, pour y chercher Pierre, il se fait une organisation synthétique de tous les objets du café en fond sur quoi Pierre est donné comme devant paraître... Chaque élément de la pièce, personne, table, chaise, tente de s'isoler, de s'enlever sur le fond constitué par la totalité des autres objets et retombe dans l'indifférenciation de ce fond, il se dilue dans ce fond. Car le fond est ce qui n'est vu que par surcroît, ce qui est l'objet d'une attention purement marginale. (...) Je suis témoin de l'évanouissement successif de tous les objets que je regarde, en particulier des visages, qui me retiennent un instant ("Si c'était Pierre ?") et qui se décomposent aussi précisément parce qu'ils "ne sont pas" le visage de Pierre. Si, toutefois, je découvrais enfin Pierre, mon intuition serait remplie par un élément solide, je serais soudain fasciné par son visage et tout le café s'organiserait autour de lui, en présence discrète »

Sartre Jean-Paul, *L'Être et le Néant* (1943)

L'œuvre du philosophe Jean-Paul Sartre a été fortement influencée par la gestalt<sup>35</sup>-théorie. Cette théorie observe qu'une partie dans un tout est autre chose que cette même partie isolée ou incluse dans un autre tout. En effet, elle tire des propriétés particulières de sa place et de sa fonction dans chacun d'entre eux (exemple : Être nu sous la douche n'a pas le même sens que de se promener nu sur les Champs-Élysées).

Ce passage en revue de la littérature permet de mettre en évidence le caractère gestaltique du phénomène hallucinatoire. Un épisode psychotique aigu n'a de sens que dans son contexte environnemental. Un environnement exceptionnel ou extrême

---

<sup>35</sup> Gestalt signifie littéralement « forme » en allemand. Il s'agit en fait d'un concept beaucoup plus complexe, qu'aucun mot ne traduit avec justesse dans aucune langue. Aussi, a-t-on conservé ce terme de gestalt aussi bien en français, qu'en anglais, en russe ou en japonais.

Gestalt : Structure à laquelle sont subordonnées les perceptions. La théorie de la Forme ou Gestalt-théorie s'est développée dans l'ambiance de la phénoménologie, mais n'a retenu d'elle que la notion d'une interaction fondamentale entre le sujet et l'objet (Piaget. 1968).

est un terrain très propice à la survenue d'hallucinations à tous les modes même hors contexte psychiatrique ou neurologique. Leur fréquence et leur qualité phénoménologique sont fortement liées à tout un ensemble de mécanismes/facteurs contextuels physiologiques et psychologiques.

Le caractère phénoménologique de l'épisode psychotique aigu est essentiellement gestaltique. Cela pourrait expliquer le fait qu'il existe très peu d'auto-questionnaires spécifiques à la maladie psychotique (Mass et al. 2005 ; Bell et al. 2006 ; Masson et al. 2008). Le questionnaire *HAPSY* développé par l'équipe de Hűfner et al. présente donc un intérêt certain pour la recherche (Hűfner et al. 2019). Bénéficiaire de questionnaires d'évaluation psychiatrique dédiés à des environnements spécifiques est précieux (Fusar-Poli et al. 2017). L'auto-évaluation demeure néanmoins délicate pour le sujet qui présente les prémices d'un épisode psychotique (délire et hallucinations). Et la survenue de troubles cognitifs sévères en milieu extrême peut limiter la compréhension d'énoncés un tant soit peu complexes.

Comme le font remarquer Hűfner et al., tenter de rendre compte de phénomènes hallucinatoires, d'éléments délirants et de symptômes psychotiques divers et variés à travers des énoncés est particulièrement ardu. L'utilisation du CAPS et du PSI (Mason et al. 2008 ; Bell et al. 2006) comme base à l'*HAPSY-Q* a permis en partie de limiter ce problème. Les symptômes psychotiques de haute altitude peuvent démasquer une maladie somatique<sup>36</sup>, on parlera alors de trouble délirant, ou survenir de manière isolée sans aucune pathologie somatique et/ou psychiatrique associée, on parlera alors de trouble psychotique de haute altitude isolé (Hűfner et al. 2018). Le questionnaire *HAPSY* permet de détecter les symptômes d'un épisode psychotique mais aucunement d'en indiquer l'origine.

---

<sup>36</sup> Un OCHA, un syndrome infectieux, une déshydratation sévère...

Néanmoins, le simple fait de pouvoir déceler de manière précoce les symptômes psychotiques permettra à l'alpiniste présentant ces symptômes de prendre les mesures nécessaires pour poser un diagnostic puis mettre en place un traitement ou prendre une décision (poursuivre l'ascension ou non).

Le questionnaire *HAPSY* est encore du domaine de la recherche (Hüfner et al. 2019 ; Hüfner et al. 2021). En attendant sa validation, d'autres outils à emprunter à la psychiatrie peuvent être utilisés. Le syndrome de Ultra Haut Risque (UHR) correspond à une phase au cours de laquelle surviennent des expériences psychotiques subtiles. C'est durant cette phase que le risque de développer un trouble psychotique est bien plus important que dans la population générale (Fusar-Poli et al. 2013). Les chercheurs travaillant sur l'UHR ont développé des outils suffisamment sensibles pour pouvoir détecter les premiers symptômes isolés de la psychose (Hüfner et al. 2021) :

- L'entretien Comprehensive Assessment of At-Risk Mental State (CAARMS) (Yung et al. 2005)
- L'auto-questionnaire Prodromal Questionnaire, 16 items (PQ-16) (Ising et al., 2012).

Cette évaluation psychique devrait être au minimum quotidienne en parallèle avec celle de tous les autres troubles générés par une exposition prolongée à la haute altitude (Hüfner et al. 2019).

En haute montagne, même si la plupart du temps les hallucinations peuvent être perçues comme neutres ou bénéfiques, de telles expériences peuvent se révéler redoutables comme le montrent les nombreux accidents associés à leur survenue

(Hüfner, Brugger et al. 2017). Dans leur étude Firth et al. montraient déjà qu'une altération des fonctions cognitives survenant sur l'Everest était associée à un pronostic léthal (Firth et al. 2008). A noter que dans la plupart des études, les accidents, en lien avec des dangers bien identifiés (chutes de sérac, avalanches, tempêtes, crevasses...), ne sont pas pris en compte. Il pourrait être intéressant de les intégrer car ils peuvent être liés à des erreurs consécutives à des phénomènes hallucinatoires : le fait de grimper sans tenir compte des conditions météorologiques / de l'environnement, ne plus être apte à évaluer les prises de risque, faire de mauvais choix de voies... Ainsi, les alpinistes qui projettent une ascension à haute altitude devraient être informés du risque de survenue de trouble psychotique et notamment d'hallucinations comme ils le sont déjà pour tous les troubles somatiques de la haute altitude.

Dans la mesure du possible, il faut éviter de laisser descendre seul un individu présentant des symptômes psychotiques de quelque origine que ce soit. En ce qui concerne les alpinistes effectuant des ascensions en solo, l'utilisation de l'*HAPSY-Q* combinée à une épreuve de la réalité<sup>37</sup> permettrait d'avoir le contrôle sur ces symptômes. L'épreuve de réalité est un outil cognitif qui permet à l'alpiniste de rester ancré dans la réalité tout au long de l'ascension même lorsque les symptômes psychotiques se sont déclarés (Smailes et al. 2015).

---

<sup>37</sup> Freud conçoit l'épreuve de réalité comme un dispositif (Einrichtung) permettant à l'appareil psychique d'opérer une distinction entre le représenté et le perçu, entre le monde intérieur et le monde extérieur. L'épreuve de réalité n'est pas activée dans les affections hallucinatoires et dans le rêve (Malaguarnera 2016).

En parallèle des troubles cognitifs, il peut y avoir une perte d'insight. Le navigateur qui a bénéficié de l'aide d' « un homme » pour le maintenir dans la bonne direction n'a questionné cette réalité que dans un second temps. Les récits qui relatent ce type de troubles perceptuels, qui pourraient amener le sujet à sa perte, considèrent que l'insight serait un facteur protecteur. Il permet au sujet de garder un certain ancrage avec sa réalité, la réalité de son environnement et du contexte (G.Bennet. 1973).

D'après Bennet, ce qu'il faut retirer de ces expériences hallucinatoires, c'est qu'elles sont le signe d'une altération des fonctions cognitives qui peuvent être en lien avec l'environnement immédiat du marin. Ainsi, être à l'écoute des prodromes d'un dysfonctionnement (la répétition d'oublis, penser que la radio est allumée alors qu'elle ne l'est pas, percevoir des phosphènes, être sujet aux illusions...) alertera le marin sur le fait qu'il doit se reposer quand il le peut ou qu'il doit redoubler de vigilance quand il ne le peut pas.

De la même manière en plongée, une altération cognitive, des hallucinations peuvent se révéler sources d'accidents. Comme le décrit Cousteau : « *Personnellement je suis assez sensible à l'ivresse des profondeurs. J'avoue en aimer la magie, mais en même temps je la redoute, car je sais qu'elle amoindrit dangereusement l'instinct de conservation* » (Cousteau. 1954). Cousteau comparait l'ivresse des profondeurs à la consommation d'une drogue. Des études récentes montrent que la narcose produirait des effets psychodysleptiques comparables aux effets du LSD, de la psilocybine et de la mescaline<sup>38</sup>. Agonistes des récepteurs à la

---

<sup>38</sup> Le LSD est d'origine héli synthétique. C'est un composé de la famille des lysergamides, issus de l'ergot du seigle. La psilocybine est présente dans les champignons hallucinogènes. La mescaline est extraite du Peyolt (un cactus mexicain qu'ingéraient les chamans).

sérotonine 5-HT<sub>2A</sub>, et doués de propriétés dopaminergiques excitatrices, ils provoquent de puissants effets psychédéliques et la survenue de phénomènes hallucinatoires.

Cependant, devant la crainte que cette activité ne soit assimilée à une drogue, Cousteau en tempère les conséquences « *L'ivresse des profondeurs a sur l'ivresse de l'alcool ou des stupéfiants l'avantage de n'avoir pas de suite. Dès que le plongeur intoxiqué remonte de quelques mètres, son cerveau s'éclaircit ; il n'y a pas de cruel « lendemain matin »* » (Cousteau et Dumas 1953). D'ailleurs, il existe des arguments psychologiques, comportementaux et neurobiologiques suggérant une dépendance possible à la narcose. Cette dépendance pourrait être un facteur de risque d'accident de plongée. L'étude de Micoulaud-Franchi et al. avait pour objectif de construire et valider un auto-questionnaire de dépendance à la narcose, appelé « Dive Experience of Enticing Profoundness » (DEEP). Leur étude analyse de manière comparative les effets de l'alcool et de la narcose (Monteiro et al. 1996 ; Hobbs. 2008 ; Rostain et al. 2011) et pourrait permettre d'envisager des stratégies de réduction du risque pour la pratique de la plongée profonde (Bonnet et al. 2003).

La narcose et le SNHP sont des syndromes que la recherche en médecine hyperbare tente de limiter avec notamment le financement de l'industrie pétrolière. Il s'agit de la course aux grandes profondeurs qui est accélérée par les possibilités économiques offertes par les gisements pétrolières *offshore*. La narcose est encore considérée comme un réel freint à l'accès des grandes profondeurs aux plongeurs.

## Discussion

Les hallucinations présentées par les alpinistes en haute altitude se rapprochant de celles rencontrées dans le trouble psychotique, les phénomènes de HA pourraient servir de modèle pour cette pathologie. Et ainsi permettre de faire progresser la recherche sur les mécanismes physiopathologiques ou de possibles nouveaux traitements pour la schizophrénie et les troubles associés (Hüfner, Brugger et al. 2017).

Une hypoxie modérée entraînerait l'augmentation de la sécrétion de sérotonine et de dopamine (Broderick et Gibson. 1989). Hormones qui sont liées aux hallucinations (Rolland et al. 2014). Dans la schizophrénie, on constate une hyperdopaminergie qui serait à l'origine des symptômes positifs de la maladie (hallucinations, idées délirantes, agitation). Les neuroleptiques classiques bloquent les récepteurs dopaminergiques D2 postsynaptiques au niveau de la voie mésolimbique, ce qui entraîne une diminution de l'hyperactivité dopaminergique au niveau central (Stahl 2002). Ils permettent dès lors un effet antipsychotique sur les symptômes positifs mais entraînent également une aggravation des symptômes négatifs<sup>39</sup> (désorganisation de la pensée, de la parole, repli sur soi, pensée stéréotypée, apragmatisme, anhédonie, alogie, apathie, aboulie, troubles de la concentration et de l'attention, émoussement affectif) et l'apparition de syndromes extrapyramidaux, de dyskinésie tardive et d'hyperprolactinémie.

Dans les années 1990, les neuroleptiques atypiques<sup>40</sup>, en général, caractérisés par une double action (Stahl.1999), ont profondément modifié le traitement de la

---

<sup>39</sup> Blocage D2 au niveau de la voie dopaminergique mésocorticale, déjà probablement déficitaire en dopamine dans la schizophrénie.

<sup>40</sup> Stahl (2002) définit l'atypicalité des neuroleptiques :

- Pharmacologie : il s'agit d'une classe composée d'antagonistes sérotonine-dopamine (ASD).

schizophrénie. Ils bloquent les récepteurs D2 dans la voie mésolimbique donc diminuent les symptômes positifs, et bloquent les récepteurs 5HT<sup>241</sup> ce qui provoque une augmentation de l'activité dopaminergique au niveau de cette voie (qui augmente par conséquent la libération de dopamine) mais sans antagonisme D2 marqué. Donc la libération de dopamine parvient à compenser le blocage de dopamine dans cette voie mésocorticale. Dans cette partie de l'encéphale, elle améliorerait les symptômes négatifs et les symptômes cognitifs de la schizophrénie.

Dans la mesure où la plupart des symptômes liés à une hypoxie/hypobarie brève sont réversibles, l'étude du cerveau en altitude permet de bénéficier d'un modèle d'étude propre, reproductible, contrôlable, prospectif, avec peu de biais, et éthique de la réponse du cerveau à une hypoxie (Wilson et al. 2009). De manière anecdotique, une hypoxie moyenne peut également démasquer des pathologies préexistantes : survenue d'hallucinations en lien avec une tumeur cérébrale (Zrinzo et al. 2006).

---

- Clinique : un neuroleptique atypique est défini en partie par des propriétés qui le distinguent des neuroleptiques classiques, c'est-à-dire une efficacité sur les symptômes négatifs et moins de signes extrapyramidaux.

<sup>41</sup> La famille des récepteurs sérotoninergiques, aussi appelés récepteurs 5-hydroxytryptamine (5-HT), sont des récepteurs du système nerveux central et périphérique activés par la sérotonine.

## Bibliographie

- Abraini JH. Inert gas and raised pressure : evidence that motor decrements are due to pressure per se and cognitive decrements due to narcotic action. Arch Eur J Physiol. 1997 ;433 :788–91. doi :10.1007/s004240050346.
- Abraini JH, Rostain JC, Kriem B. Sigmoidal compression rate-dependence of inert gas narcotic potency in rats : implication for lipid vs. protein theories of inert gas action in the central nervous system. Brain Res. 1998 ;808 :300–4. doi: 10.1016/S0006-8993(98)00760-4.
- Adolfson J, Muren A. Air breathing at 13 atmospheres. Psychological and physiological observations. Forsvarsmedicin. 1965 ;1 :31–7.
- American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. American Psychiatric Publishing, Arlington, VA, 2013.
- Amy B. Ceux qui vont en montagne : psychologie de l'alpiniste et approche du risque. Fontaine : Presses universitaires de Grenoble. 2020.
- Anker C, Roberts D. The Lost Explorer. Finding Mallory on Mount Everest. New York: Simon & Schuster;1999.
- Åstrand I, Åstrand PO, Christensen EH, Hedman R. Intermittent muscular work. Acta Physiologica Scandinavica, 1960 ; 48(3-4), 448-453.
- Bandettini PA. Twenty years of functional MRI : the science and the stories. NeuroImage, 2012, 62 : 575-588.
- Basnyat B. Delirium at high altitude. High Alt Med Biol. 2017 ; 3 :69–71.
- Behnke AR, Thompson RM, Motley EP. The psychologic effects from breathing air at 4 atmospheres pressure. Am J Physiol. 1935 ;112 :554–8.

- Belin P, Fecteau S, Bedard C. Thinking the voice: neural correlates of voice perception. *Trends Cogn Sci.* 2004 ; 8 : 129-35.
- Bell V, Halligan PW, Ellis HD. The Cardiff Anomalous Perceptions Scale (CAPS): a new validated measure of anomalous perceptual experience. *Schizophrenia bulletin*, 2006 ; 32(2), 366-377.
- Bennett PB. The aetiology of compressed air intoxication and inert gas narcosis. Oxford, UK : Pergamon Press; 1966.
- Bennett PB, Rostain JC. Inert gas narcosis. In : Braubakk AO, Neuman TS, editors. *Bennett and Elliott's physiology and medicine of diving.* 5. Toronto : Saunders ; 2003 ; pp. 300–22.
- Bennett P. Inert gas narcosis and HPNS. In : Bove A, editor. *Bove and Davis' diving medicine.* 4. Philadelphia : WB Saunders ; 2004 ; pp. 225–40.
- Bert P. *La pression barométrique : recherches de physiologie expérimentale.* G. Masson. 1878.
- Blackmore SJ. Near-death experiences. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 1996 ; 89(2), 73-76.
- Blom JD. *A Dictionary of Hallucinations.* New York, NY : Springer Science+Business Media. 2010.
- Boardman P. *Sacred Summits.* London, England: Hodder & Stoughton;1982.
- Bonington C. *Everest The Hard Way.* New York: Random House; 1976.
- Bonnet A, Pardinielli JL, Romain F, Rouan G. Subjective well-being and self-regulation in risk taking behaviors. The case of scuba-diving. 2003 ; *L'encephale*, 29(6), 488-497.
- Brodmann Maeder M, Brugger H, Pun M, Strapazzon G, Dal Cappello T, Maggiorini M, Hackett P, Bartsch P, Swenson ER, and Zafren K. The STAR

data reporting guidelines for clinical high altitude research. *High Alt Med Biol* ; 19 :7–14. 2018.

- Boukreev A, DeWalt GW. *The Climb*. New York, NY : St. Martin's Press;1997.
- Brown, B B. *Delphi process : a methodology used for the elicitation of opinions of experts*. Rand Corp Santa Monica CA ; 1968.
- Brugger P, Regard M, Landis T. «Unilaterally felt" presences» : the neuropsychiatry of one's invisible doppelgänger. *Neuropsychiatry Neuropsychology and Behavioral Neurology*, 1996 ; 9, 114-122.
- Brugger P, Regard M, Landis T. Illusory reduplication of one's own body : phenomenology and classification of autoscopic phenomena. *Cognitive Neuropsychiatry*, 1997 ; 2(1), 19-38.
- Brugger P, Regard M, Landis T, Oelz O. Hallucinatory experiences in extreme-altitude climbers. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol*. 1999 ; Jan ;12(1) :67-71. PMID : 10082335.
- Buhl H. *Nanga Parbat pilgrimage: The lonely challenge*. The Mountaineers Books ; 1998.
- Carr D. *Pathophysiology of Stress-Induced Limbic Lobe Dysfunction: A Hypothesis for NDEs*. 1982.
- Carbone MG, Pagni G, Maiello M, Tagliarini C, Pratali L, Pacciardi B, and Maremmani I. Misperceptions and hallucinatory experiences in ultra-trail, high-altitude runners. *Riv Psichiatr* ; 2020 ; 55 :183–190.
- Child G. The other presence. *Backpacker* 1989 ; 17 ; 68-72.
- Clarke C. Letter: On surviving a bivouac at high altitude. *Br Med J*. 1976 Jan 10;1(6001):92-3. doi: 10.1136/bmj.1.6001.92-b. PMID: 1244948; PMCID: PMC1638351.

- Clark JM, Thom SR. Oxygen under pressure. In : Brubakk AO, Neuman TS, editors. Bennett and Elliott's physiology and medicine of diving. 5. Edinburgh : Saunders ; 2003. pp. 358–418.
- Cousteau JY, Dumas F. Le monde du silence (p. 139). Éditions de Paris ; 1954.
- Dalkey N, Helmer O. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. Management science, 1963 ; 9(3), 458-467.
- Daniel C, Lovatt A, and Mason OJ. Psychotic-like experiences and their cognitive appraisal under short-term sensory deprivation. Front Psychiatry. 2014 ; 5 :106.
- Daniel C, and Mason OJ. Predicting psychotic-like experiences during sensory deprivation. Biomed Res Int ; 2015 ; 439379.
- Davis W. Into The Silence. The Great War, Mallory, and the Conquest of Everest. New York : Alfred Knopf; 2011.
- Dickinson M. The Other Side of Everest. New York, NY : Three Rivers Press ;1999.
- Diemberger K. The Endless Knot. Seattle : The Mountaineers ;1991.
- Dietrich A. U. S. Navy Diving Manual : air diving: 1. NY: Diane Pub Co; 1999.
- Edmonds CE. Nitrogen narcosis. In : Edmonds CE, McKenzie B, Thomas R, Pennefather J, editors. Diving Medicine For Scuba Divers. 6th ed. Australia: Carl Edmonds; 2015.
- Esquirol JE, « Délire », Dictionnaire des sciences médicales, p. 251 ; 1914
- Ey H. Traité des hallucinations. Paris : Masson, 1973.
- Firth PG, and Bolay H. Transient high altitude neurological dysfunction: An origin in the temporoparietal cortex. High Alt Med Biol. 2004 ; 5 :71–75.

- Firth PG, Zheung H, Windsor J, et al. Mortality on Mount Everest, 1921–2006 : descriptive study. *BMJ* 2008 ; 337 : 1430–33.
- Franks NP, Lieb WR. Molecular mechanisms of general anaesthesia. *Nature*. 1982 ;300 :487–93. doi: 10.1038/300487a0.
- Fusar-Poli, P, Borgwardt , Bechdolf A, Addington J, Riecher-Rössler A, Schultze-Lutter F, Yung A. The psychosis high-risk state: a comprehensive state-of-the-art review. *JAMA psychiatry*, 2013 ; 70(1), 107-120.
- Fusar-Poli P, Raballo A, Parnas J. What is an attenuated psychotic symptom ? On the importance of the context. *Schizophrenia Bulletin*, 2017 ; 43(4), 687-692.
- Gallagher S, Hackett P. Acute mountain sickness and high altitude cerebral edema. In : *UpToDate*. Grayzel J, ed. Wolters Kluwer, Waltham, MA. 2021.
- Garrido E, Javierre C, Ventura JL, Segura R. Hallucinatory experiences at high altitude. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol*. 2000 Apr ;13(2) :148.
- Geiger J. Guardian Angels Or The 'Third Man Factor' ?. NPR. Retrieved 2001-03-14. 2009.
- Gras C. *La Mer Des Cosmonautes*. Editions Paulsen. 2017.
- Grover CA, Grover DH. Albert Behnke : nitrogen narcosis. *J Emerg Med*. 2014 ;46 :225–7. doi: 10.1016/j.jemermed.2013.08.080.
- Habeler P. *Everest, impossible Victory*. London : Arlington Books. 1979.
- Hackett PH, Yarnell PR, Hill R, Reynard K, Heit J, McCormick J. High-altitude cerebral edema evaluated with magnetic resonance imaging: clinical correlation and pathophysiology. *Jama*, 1998 ; 280(22), 1920-1925.

- Hackett PH, Roach RC. High Altitude Cerebral Edema. High Alt Med Biol. 2004 (5) :136-146.
- Heater D, Williams DR. Man at High Altitude. Edinburgh : Ch. Livingstone, 1981 ; 295.
- Heckers S, Barch DM, Bustillo J, Gaebel W, Gur R, Malaspina D, Carpenter, W. Structure of the psychotic disorders classification in DSM-5. Schizophrenia research, 2013 ; 150(1), 11-14.
- Heim A. Notizen über den Tod durch absturz. Jahrbuch des Schweizer Alpenclub, 1892 ; 27, 327–337.
- Herzog M, Annapurna premier 8000, Arthaud, 1952.
- Henriksen SJ, Bloom FE, McCoy F, Ling N, Guillemin R. Beta-endorphin induces nonconvulsive limbic seizures. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1978 ; 75(10), 5221-5225.
- Hesser CM, Fagraeus L, Adolfson J. Roles of nitrogen, oxygen, and carbon dioxide in compressed-air narcosis. Undersea Biomed Res. 1978 ;5:391–400.
- Hobbs M. Subjective and behavioural responses to Nitrogen Narcosis and Alcohol. Undersea & Hyperbaric Medicine, 2008 ; 35(3), 175.
- Hobbs M, Higham PA, Kneller W. Memory and metacognition in dangerous situations : investigating cognitive impairment from gas narcosis in undersea divers. Hum Factors. 2014 ;56 :696–709. doi: 10.1177/0018720813510737.
- Hochstrasser J, Nanzer A, Oelz O. Altitude edema in the Swiss Alps. Observations on the incidence and clinical course in 50 patients 1980-1984. Schweizerische Medizinische Wochenschrift, 1986 ; 116(26), 866-873.

- Hoffman CE, Clark Jr RT, Brown Jr EB. Blood oxygen saturations and duration of consciousness in anoxia at high altitudes. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 1946 ; 145(5), 685-692.
- Hornbein TF. "The high-altitude brain." *Journal of Experimental Biology* 204.18. 2001 ; : 3129-3132.
- Hornbein TF. *Everest : the west ridge*. Mountaineers Books. 1965.
- Hüfner K, Brugger H, Kuster E, Dünsser F, Stawinoga AE, Turner R, Tomazin I, Sperner-Unterweger B. Isolated psychosis during exposure to very high and extreme altitude - characterisation of a new medical entity. *Psychol Med*. 2018 Aug ;48(11) :1872-1879. doi : 10.1017/S0033291717003397. Epub 2017 dec.
- Hüfner K, Brugger H, Kuster E, Dünsser F, Stawinoga AE, Turner R, Tomazin I, Sperner-Unterweger B. Isolated psychosis during exposure to very high and extreme altitude—Characterisation of a new medical entity. *Psychol Med*. 2018.
- Hüfner K, Brugger H, Caramazza F, Stawinoga AE, Brodmann-Maeder M, Gatterer H, Turner R, Tomazin I, Fusar-Poli P, and Sperner-Unterweger B. Development of a self-administered questionnaire to detect psychosis at high altitude : The HAPSY Questionnaire. *High Alt Med Biol* ; 2019 ; 20 :352–360.
- Hüfner K, Caramazza F, Stawinoga AE, Pircher Nöckler ER, Fusar-Poli P, Bhandari SS, Basnyat B, Brodmann Maeder M, Strapazzon G, Tomazin I, Sperner-Unterweger B, Brugger H. Assessment of Psychotic Symptoms in Individuals Exposed to Very High or Extreme Altitude : A Field Study. *High Alt Med Biol*. 2021 Dec ;22(4) :369-378. doi: 10.1089/ham.2020.0210. Epub 2021 Jul 29.

- Hultgren HN. High Altitude Medicine. Stanford, California, USA: Hultgren Publications;1997.
- Hunter RCA. On the experience of nearly dying. American Journal of Psychiatry, 1967 ; 124, 84–88.
- Ising HK, Veling W, Loewy RL, Rietveld MW, Rietdijk J, Dragt S, van der Gaag M. The validity of the 16-item version of the Prodromal Questionnaire (PQ-16) to screen for ultra high risk of developing psychosis in the general help-seeking population. Schizophrenia bulletin, 2021 ; 38(6), 1288-1296.
- Jain KK. High-pressure neurological syndrome (HPNS) Acta Neurol Scand. 1994 ; 90 :45–50. doi: 10.1111/j.1600-0404.1994.tb02678.x.
- Jansen K. Near death experience and the NMDA receptor. BMJ : British Medical Journal, 1989 ; 298(6689), 1708.
- Jardri R, Pouchet A, Pins D, Thomas P. Cortical activations during auditory-verbal hallucinations in schizophrenia : a coordinate-based meta-analysis. Am J Psychiatry, 2011, 168 : 73-81.
- Jardri R, Thomas P. Imagerie cérébrale fonctionnelle de l'hallucination ou comment voir ce que les hallucinés entendent. L'Information psychiatrique 2012 ; 88 : 815-22 doi :10.1684/ipe.2012.0995.
- Jardri R, Sommer IE. Functional brain imaging of hallucinations : symptom capture studies. In : R Jardri, A Cachia, P Thomas, D Pins. The neuroscience of hallucinations. New York, Springer, 2013 : 375-391.
- R Jardri, A Cachia, P Thomas. Imagerie cérébrale en psychiatrie : Contributions physiopathologiques de la neuro-imagerie (pp.63-74) Chapter : 8. Publisher: Lavoisier Médecine ScienceEditors: Philippe Fossati. 2015.

- Junod VT. Traite théorique et pratique de l'hemospasié. L'Imprimerie Nationale ; 1875.
- Kikstra H. Everest. Summit of the World, Dunblane, UK: Rucksack Readers;2009.
- Konings M, Bak M, Hanssen M, Van Os J, Krabbendam L. Validity and reliability of the CAPE : a self-report instrument for the measurement of psychotic experiences in the general population. Acta Psychiatrica Scandinavica, 2006 ; 114(1), 55-61.
- Kottke R, Pichler Hefti J, Rummel C, Hauf M, Hefti U, Merz TM. Morphological Brain Changes after Climbing to Extreme Altitudes--A Prospective Cohort Study. PLoS One. 2015 Oct 28 ;10(10) : e141097. doi : 10.1371/journal.pone.0141097. eCollection 2015.
- Kühn S, Gallinat J. Quantitative meta-analysis on state and trait aspects of auditory verbal hallucinations in schizophrenia Schizophr Bull 2012 ; 38 : 779-86.
- Lambert R, Kogan C, and Styles, S – translator. White Fury. Gurisankar and Cho Oyu. London, England: Hurst & Blackett;1956.
- Lankford HV. Extreme altitude : Words from on high. Wilderness Environ Med. 2014 Sep ;25(3) :346-51. doi: 10.1016/j.wem.2014.03.010. Epub 2014 Jun 19.
- Leach J. Psychological factors in exceptional, extreme and torturous environments. Extreme physiology & medicine, 2016 ; 5(1), 1-15.
- Lemos Vde A, Antunes HK, Santos RV, Prado JM, Tufik S, Mello MT. Effects of exposure to altitude on neuropsychology aspects : a literature review. Braz

J Psychiatry. 2010 Mar ;32(1) :70-6. doi : 10.1590/s1516-

44462009005000013. Epub 2009 Dec 18.

- Lempert T, Bauer M, Schmidt, D. Syncope : a videometric analysis of 56 episodes of transient cerebral hypoxia. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 1994 ; 36(2), 233-237.
- Lempert T, Bauer M, Schmidt D. Syncope and near-death experience. *Lancet* 1994 ; 344 :829–830.
- Lippmann J, Mitchell S. Nitrogen narcosis, deeper into diving. 2nd ed. Victoria : J.L. Publications ; 2005.
- Loeppky JA, Icenogle MV, Maes D, Riboni K, Hinghofer-Szalkay H, Roach R C. Early fluid retention and severe acute mountain sickness. *Journal of applied physiology*, 2005 ; 98(2), 591-597.
- Loeppky JA, Roach RC, Maes D, Hinghofer-Szalkay H, Roessler A, Gates L, Icenogle MV. Role of hypobarica in fluid balance response to hypoxia. *High altitude medicine & biology*, 2005 ; 6(1), 60-71.
- Lloyd P. Use of Oxygen on the Mount Everest Expedition, 1938. *Nature*, 1939 .143(3632), 961-963.
- Lugg DJ. Antarctica as Space Laboratory, in Gotthilf Hempel (éd.), *Antarctic Science, Global Concerns*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 1994.
- Maggiorini M, Bühler B, Walter M, Oelz O. Prevalence of acute mountain sickness in the Swiss Alps. *British Medical Journal*. 1990 ; 301(6756), 853-855.
- Malaguarnera S. *Dictionnaire de neuropsychanalyse*. p159-160 ; 2016.

- Mason OJ, Morgan CJ, Stefanovic A, Curran HV. The psychotomimetic states inventory (PSI): measuring psychotic-type experiences from ketamine and cannabis. *Schizophrenia research*, 2008 ; 103(1-3), 138-142.
- Mass R, Haasen C, Borgart EJ. Abnormal subjective experiences of schizophrenia: evaluation of the Eppendorf Schizophrenia Inventory. *Psychiatry Research*, 2005 ; 135(2), 91-101.
- Messner R. *Grenzbereich Todeszonz*. Köln : Kiepenheuer & Witsch, 1978.
- Messner R, Neate J & Salkeld A- translators. *The Crystal Horizon. Everest – The First Solo Ascent*. Cited in Messner R, Neate J & Salkeld A- translators. *The Crystal Horizon. Everest –The First Solo Ascent*. Seattle : The Mountaineers;1989.
- Messner R, Carruthers T –translator. *The Naked Mountain*. Marlborough UK: Crowood Press;2002.
- Meyhöfer I, Kumari V, Hill A., Petrovsky N, Ettinger U. Sleep deprivation as an experimental model system for psychosis: Effects on smooth pursuit, prosaccades, and antisaccades. *Journal of Psychopharmacology*, 2017 ; 31(4), 418-433.
- Monteiro MG, Hernandez W, Figlie NB, Takahashi E, Korukian M. Comparison between subjective feelings to alcohol and nitrogen narcosis: a pilot study. *Alcohol*, 1996 ; 13(1), 75-78.
- Moreno C, Nuevo R, Chatterji S, Verdes E, Arango C, Ayuso-Mateos JL. Psychotic symptoms are associated with physical health problems independently of a mental disorder diagnosis: Results from the WHO World Health Survey. *World Psychiatry* 2013 ;12 :251–257.

- Nespoulet H, Vergès S, Lévy P. Sommeil & Altitude. Guides, la revue. N°76, Fev 2011.
- Noyce W. South Col. London, England: Heinemann;1954.
- Noyes Jr R, Kletti R. Depersonalization in the face of life-threatening danger : A description. *Psychiatry*, 1976 ; 39(1), 19-27.
- Nuevo R, Chatterji S, Verdes E, Naidoo N, Arango C, Ayuso-Mateos JL. The continuum of psychotic symptoms in the general population : A cross-national study. *Schizophr Bull* 2012 ; 38 :475–485.
- O'Connor AR, Moulin CJA. "Recognition without identification, erroneous familiarity, and déjà vu," *Current Psychiatry Reports*, vol. 12, no. 3, 2010 ; pp. 165–173.
- Oelz O, Howald H, Di Prampero PE, Hoppeler H, Claassen H, Jenni R, Bühlmann A, Ferretti G, Brückner JC, Veicsteinas A, et al. Physiological profile of world-class high-altitude climbers. *J Appl Physiol* (1985). 1986 May ;60(5) :1734-42. doi: 10.1152/jappl.1986.60.5.1734. PMID : 3710990.
- Paladino A, Passerini A, De Curtis I. Autoscopie et rêve-éveillé. *Imaginaire Inconscient*, (1), 225-241 ; 2006.
- Piaget J, *Le Structuralisme*, Paris, P.U.F., p. 47, 1968
- Mason OJ, Morgan CJ, Stefanovic A, Curran H. V. The psychotomimetic states inventory (PSI): measuring psychotic-type experiences from ketamine and cannabis. *Schizophrenia research*, 2008 ; 103(1-3), 138-142.

- Mason OJ, Brady F. The psychotomimetic effects of short-term sensory deprivation. *The Journal of nervous and mental disease*, 2009 ; 197(10), 783-785.
- Pendlebury ST, Lovett NG, Smith SC, Dutta N, Bendon C, Lloyd-Lavery A, Rothwell PM. Observational, longitudinal study of delirium in consecutive unselected acute medical admissions : age-specific rates and associated factors, mortality and re-admission. 2015 ; *BMJ open*, 5(11), e007808.
- Pugh LGC, Ward MP. Some effects of high altitude on man. *The Lancet*, 1956 ; 268(6953), 1115-1121.
- Pugh, LGCE. Physiological and medical aspects of the Himalayan Scientific and Mountaineering Expedition. *British medical journal*, 1962 ; 2(5305), 621.
- Pugh LGCE. Man at High Altitude. *J R Coll Physicians Lond*. 1969;3(4):385-397.
- Ravenhill TH. Some expérences of mountain sickness in the Andes. *J.Trop. Med. HYG*. 1913 ; 16 : 313-20.
- Regard M, Oelz O, Brugger P, Landis T. Persistent cognitive impairment in climbers after repeated exposure to extreme altitude. *Neurology*. 1989 Feb ;39(2 Pt 1) :210-3. doi: 10.1212/wnl.39.2.210. PMID : 2915791.
- Roach R, Bärtsch P, Oelz O, Hackett PH. Lake Louise AMS Scoring Consensus Committee. *The Lake Louise Acute Mountain Sickness Scoring System*. Charles S. Houston, Burlington, VT. 1993.

- Roach RC, Hackett PH, Oelz O, Bartsch P, Luks AM, MacInnis MJ, Baillie JK. Lake Louise AMS Score Consensus Committee. (2018). The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Alt Med Biol* 19 :4–6.
- Rostain JC, Balon N. La plongée : pression barométrique et mécanismes neurochimiques. *Journal de la Société de Biologie*, 2006 ; 200(3), 257-263.
- Rostain JC, Balon N. Recent neurochemical basis of inert gas narcosis and pressure effects. *Undersea Hyperb Med*. 2006 ;33 :197–204.
- Rostain JC, Lavoute C, Risso JJ, Vallee N, Weiss M. A review of recent neurochemical data on inert gas narcosis. *Undersea & Hyperbaric Medicine*, 2011 ; 38(1), 49–59.
- Ryn Z. Psychopathology in mountaineering—mental disturbances under high-altitude stress. *Int J Sports Med* 1988 ; 9 :163–169.
- Sartre JP, *L'Être et le Néant* ;1943.
- Selye H. Stress without distress. In *Psychopathology of human adaptation* (pp. 137-146). Springer, Boston, MA. 1976.
- Sengoku A, Toichi M, Murai T. “Dreamy states and psychoses in temporal lobe epilepsy: mediating role of affect,” *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 1997 ; vol. 51, no. 1, pp. 23–26.
- Shackleton E. *L'Odyssée de l' « Endurance »*, Phébus, Libretto, 1988.
- Shipton E, *Upon That Mountain*. London, England: Hodder & Stoughton;1943.
- Singh I, Khanna PK, Srivastava MC, Lal M, Roy SB, Subramanya CSV. Acute mountain sickness. *New England Journal of Medicine*, 1969 ; 280(4), 175-184.

- Smailes D, Alderson-Day B, Fernyhough C, McCarthy-Jones S, & Dodgson G. Tailoring cognitive behavioral therapy to subtypes of voice-hearing. *Frontiers in Psychology*, 6 ; 2015.
- Smythe FS. *Kamet Conquered*. London, England:Victor Gallancz;1932.
- Smythe FS. The second assault. In : Ruttledge J, ed. *Everest 1933*. London : Hodder & Stoughton, 1934.
- Smythe FS, *Camp Six*. London, England: Hodder & Stoughton;1937.
- Silberberg M. *Chemistry : the molecular nature of matter and change*. 5. Boston, MA : McGraw-Hill ; 2009.
- Stewart O. High Promise of Powered Lift. *The Times Survey of British Aviation*. 1954.
- Suedfeld P, Mocellin JS. The " sensed presence" in unusual environments Peter Suedfeld. *Environment and Behavior*, 1987 ; 19(1), 33-52.
- Tasker J. *Everest the Cruel Way: The audacious winter attempt of the West Ridge*. Vertebrate Publishing. 2013.
- Tetzlaff K, Thorsen E. Breathing at depth: physiologic and clinical aspects of diving while breathing compressed gas. *Clin Chest Med*. 2005 ;26 :355–80. doi : 10.1016/j.ccm.2005.05.001.
- Thorne DR, Findling A, Bachrach AJ. Muscle tremors under helium, neon, nitrogen, and nitrous oxide at 1 to 37 atm. *J Appl Physiol*. 1974 ;37 :875–9.
- Tilman HW. *Everest 1938*. England: Cambridge Univ Press;1948.
- Tilman HW, *Two Mountains and a River*. England: Cambridge Univ Press;1949.

- Unsworth IP. Inert gas narcosis—an introduction. *Postgrad Med J.* 1966 ;42 :378–85. doi: 10.1136/pgmj.42.488.378.
- Virués-Ortega J, Buela-Casal G, Garrido E, Alcázar B. Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure. *Neuropsychol Rev.* 2004 Dec ;14(4) :197-224. doi: 10.1007/s11065-004-8159-4.
- Waters F, Blom JD, Jardri R, Hugdahl K, Sommer IEC. Auditory hallucinations, not necessarily a hallmark of psychotic disorder. *Psychol Med.* 2018 ;48 :529-36.
- West JB, Schoene RB, Luks AM, Milledge JS. *High Altitude Medicine and Physiology.* 5th ed. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press Taylor& Francis;2013.
- Wilson MH, Newman S, Imray CH. The cerebral effects of ascent to high altitudes. *The Lancet Neurology,* 2009 ; 8(2), 175-191.
- Wu T, Ding S, Liu J, Jia J, Dai R, Liang B, Qi D. Ataxia: an early indicator in high altitude cerebral edema. *High Altitude Medicine & Biology ;* 2006 ; 7(4), 275-280.
- Wyss-Dunant E. Acclimatisation. In: Kurz M, ed. *The Mountain World.* London, England: Allen and Unwin;1953:110-117.
- Yao B, Belin P, Scheepers C. Silent reading of direct versus indirect speech activates voice-selective areas in the auditory cortex. *J Cogn Neurosci* 2011 ; 23 : 3146-52.
- Yung AR, Pan Yuen H, Mcgorry PD, Phillips LJ, Kell D, Buckby J. Mapping the onset of psychosis: the comprehensive assessment of at-risk mental states. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry,* 2005 ; 39(11-12), 964-971.

- Zrinzo LU, Crocker M, Zrinzo LV, Thomas DG, Watkins L. Commercial flight and patients with intracranial mass lesions : a caveat. Report of two cases. J Neurosurg 2006 ; 105 : 627–30.

## Annexes

### Annexe 1 :

CAPS Items Broken Down by Preselected Category of Anomalous Experience (Bell et al. 2006)<sup>42</sup>

Selection Category	CAPS Items	
Changes in Levels of Sensory Intensity (Relevant Domains: Sight, Sound, Taste, Touch, Smell)	1. Do you ever notice that sounds are much louder than they normally would be?	
		18. Do you ever smell everyday odors and think that they are unusually strong?
		20. Do you ever find that your skin is more sensitive to touch, heat, or cold than usual?
		21. Do you ever think that food or drink tastes much stronger than it normally would?
		23. Do you ever have days where lights or colors seem brighter or more intense than usual?
Having a Nonshared Sensory Experience (Relevant Domains: Sight, Sound, Smell)	13. Do you ever hear voices saying words or sentences when there is no one around that might account for it?	
		29. Do you ever experience smells or odors that people next to you seem unaware of?
		31. Do you ever see things that other people cannot?
		32. Do you ever hear sounds or music that people near you don't hear?

---

<sup>42</sup> Questions may appear in more than 1 category.

Inherently Unusual or Distorted Sensory Experience (Relevant Domains: Sight, Sound, Taste, Touch, Smell)	5. Do you ever experience unusual burning sensations or other strange feelings in or on your body?	
		16. Do you ever find that sounds are distorted in strange or unusual ways?
		25. Do you ever find that common smells sometimes seem unusually different?
		26. Do you ever think that everyday things look abnormal to you?
		30. Do you ever notice that food or drink seems to have an unusual taste?
Sensory Experience From an Unexplained Source (Relevant Domains: Sight, Sound, Taste, Touch, Smell)	4. Do you ever see shapes, lights, or colors even though there is nothing really there?	
		6. Do you ever hear noises or sounds when there is nothing about to explain them?
		8. Do you ever detect smells which don't seem to come from your surroundings?
		12. Do you ever feel that someone is touching you, but when you look nobody is there?
		14. Do you ever experience unexplained tastes in your mouth?
		28. Have you ever heard 2 or more unexplained voices talking with each other?
Distortion of Form (Size, Shape) of Own Body and of External World	9. Do you ever have the sensation that your body, or a part of it, is changing or has changed shape?	
		10. Do you ever have the sensation that your limbs might not be your own or might not be properly connected to your body?

		19. Do you ever find the appearance of things or people seems to change in a puzzling way, eg, distorted shapes or sizes or color?
		22. Do you ever look in the mirror and think that your face seems different from usual?
Verbal Hallucinations	11. Do you ever hear voices commenting on what you are thinking or doing?	
		13. Do you ever hear voices saying words or sentences when there is no one around that might account for it?
		28. Have you ever heard 2 or more unexplained voices talking with each other?
Sensory Flooding	15. Do you ever find that sensations happen all at once and flood you with information?	
		17. Do you ever have difficulty distinguishing one sensation from another?
Thought Echo and Hearing Thoughts Out Loud	3. Do you ever hear your own thoughts repeated or echoed?	
		7. Do you ever hear your own thoughts spoken aloud in your head, so that someone near might be able to hear them?
Temporal Lobe	2. Do you ever sense the presence of another being, despite being unable to see any evidence?	
		10. Do you ever have the sensation that your limbs might not be your own or might not be properly connected to your body?

		24. Do you ever have the feeling of being uplifted, as if driving or rolling over a road while sitting quietly?
		27. Do you ever find that your experience of time changes dramatically?

## Abstract

Professional medical knowledge and subjects' awareness of psychiatric extreme environment -related symptoms are still scarce. An environment is said to be extreme when the stimuli intensity is such that it has a damaging effect on an individual's personality or psychic integrity. Explorers hiking in isolated environment (Antarctica), mountaineers attempting to climb the highest peaks in the world, solo sailors sailing nonstop around the world, cave divers navigating in total darkness in water-filled caves, and divers breathing under pressure, in each of these examples, exposure to extreme environment are a result of deliberate choices.

This systematic literature review aims to report hallucinatory experiences in exceptional environments, to identify the modality of abnormal perceptions, to pin down factors characteristics of these environments involved in the genesis of hallucinations , and to study the physiological factors (hypoxemia, inert gas narcosis, sleep deprivation, and hypobaric or hyperbaric factors) and psychological privations (relatively unchanging and homogeneous physical and social stimulus environment, and a perception of danger).

Hallucinatory phenomena seem to be essentially gestaltic, that is to say deeply linked with the individual current environment. An extreme environment is a breeding ground for hallucinations, even though they may not always result in any psychiatric (delirium) or neurological (high-altitude cerebral edema) disorder. Their frequency and phenomenological quality are strongly linked to a whole set of contextual factors. Survival depends upon the subject's ability to perform at the highest cognitive level. Hallucinations should lead him/her to perceive acute cognitive changes and to detect the onset of cognitive deterioration.

Since isolated psychosis, as a result of a deliberate exposure to extreme environments, shows some clinical features similar to schizophrenia, it could potentially serve as a reversible model of the disease ; thus aiding in the investigation of pathophysiological concepts or new treatments for schizophrenia and related disorders.

**Auteur : Marcuz Anne**

**Date de soutenance : 29/04/2022**

**Titre de la thèse :** Survenue de phénomènes hallucinatoires en milieux exceptionnels et extrêmes.

**Thèse - Médecine – Lille - 2021/2022**

**Cadre de classement : PSYCHIATRIE**

**Mots-clés :** hallucinations, haute altitude, environnement extrême, plongée, alpinisme, navigation, hypoxémie, psychose, narcose, œdème cérébral de haute altitude, auto-questionnaire, sommeil, course au large en solitaire, gaz inerte, azote, antarctique, expédition.

**Résumé :** Les articles traitant des symptômes psychiatriques induits par l'exposition à des environnements extrêmes restent rares. Un environnement est dit extrême lorsque l'intensité des stimuli y est telle qu'ils ont un impact dommageable sur la personnalité d'un individu ou son intégrité psychique. Périple en Antarctique, alpinisme à extrême altitude, navigation en solitaire, spéléologie, plongée, autant d'activités au cours desquelles l'individu choisit de se confronter à un stress intense. Les objectifs de ce travail étaient de rapporter des expériences hallucinatoires en milieux exceptionnels, d'identifier les types d'hallucinations décrites dans la littérature, de comprendre l'impact des contraintes environnementales comme facteurs de stress sur la survenue d'hallucinations isolées ou non, d'étudier les mécanismes facilitant physiologiques (hypoxémie, hypobarie, hyperbarie, narcose aux gaz inertes, et privation de sommeil) et psychologiques (isolement social, perceptuel, sensoriel, et péril imminent).

Il en ressort que le phénomène hallucinatoire est essentiellement gestaltique, en lien avec l'environnement immédiat de l'individu. Un environnement extrême est un terrain propice à la survenue d'hallucinations même hors contexte psychiatrique (délire) ou neurologique (œdème cérébral de haute altitude). Leur fréquence et leur qualité phénoménologique seront fortement liées à tout un ensemble de mécanismes et facteurs contextuels. Dans un contexte de survie, leur apparition chez un individu peut être associée aux prémices d'une altération cognitive et devrait l'amener à requestionner sa mission et à redoubler de vigilance. Ces sujets sains qui se placent volontairement dans des contextes extrêmes pourraient de manière éthique servir la recherche psychiatrique et plus spécifiquement la compréhension, le repérage et le traitement du trouble psychotique.

**Composition du Jury : Président : Professeur VAIVA**

**Asseseurs : Professeur COTTENCIN et Docteur NOTREDAME**

**Directeur de thèse : Professeur JARDRI**