

Université Toulouse III – Paul Sabatier

Facultés de Médecine

Année 2013

2013 TOU3 1067

THESE

Pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Médecine

Spécialité Médecine Générale

Présentée et soutenue publiquement

Par *MUR Sébastien*

Le 11 octobre 2013

**Accidents liés aux avalanches dans les Hautes
Pyrénées : Analyse des interventions du Secours
Montagne Tarbes de 2005 à 2012**

Directrice de thèse : Docteur Laurence GIRARD

Jury

Monsieur le Professeur D.LAUQUE

Président du jury

Monsieur le Professeur P.CHIRON

Assesseur

Monsieur le Professeur P.MARQUE

Assesseur

Monsieur le Docteur F.MENGELLE

Assesseur

Monsieur le Professeur C.VIRENQUE

Membre invité

Sommaire

1. Introduction.....	03
1.1. Les avalanches en France en quelques chiffres.....	03
1.2. Physiopathologie de « l’avalanché » constituant la base des recommandations internationales	03
1.2.1. Le polytraumatisme.....	05
1.2.2. L’asphyxie	05
1.2.3. L’hypothermie	06
1.3. L’avalanche : plusieurs pathologies mais aussi souvent plusieurs Victimes.....	07
1.4. Modifications des courbes de survie en fonction de la localisation et du type d’activité pratiquée	08
1.5. Les intervenants en France.....	10
1.5.1. L’ANENA	10
1.5.2. Le secours en montagne	10
1.5.2.1. Les secouristes	10
1.5.2.2. L’hélicoptère.....	11
1.5.2.3. Les médecins.....	11
1.6. Les dispositifs de sauvetage disponibles	12
1.7. Les aspects réglementaires.....	14

1.8. Objectifs de l'étude.....	14
2. Matériel et méthodes.....	15
3. Résultats.....	17
3.1. Caractéristiques de la population	17
3.2. Etats de mort apparente et causes hypothétiques	18
3.3. Courbes de survie des patients ensevelis.....	20
3.4. Traumatisme et victime d'avalanche	21
3.4.1. Localisation des lésions	21
3.4.2. Type de lésions	23
3.5. Parcours de santé	24
4. Discussion.....	25
4.1. Résultats principaux et leur implication.....	25
4.2. Limites.....	29
5. Conclusion	30
Bibliographie	31

1. Introduction

1.1) Les avalanches en France en quelques chiffres

Entre 1971 et 2007 (36 années de référence), il y a eu pratiquement 1600 accidents recensés au cours desquels près de 3900 personnes ont été emportées et dont 1080 sont décédées. Le bilan moyen d'une saison est de 44 accidents, à l'origine de 30 décès (mais cette notion moyenne a peu de sens dans la mesure où il y a de très fortes variations d'une année à l'autre (valeurs extrêmes 11 et 57 décès)[6]. Les activités concernées par le risque d'avalanche sont le ski de randonnée, le ski hors-piste, l'alpinisme (hivernal ou estival comme on a pu le constater récemment au mont Blanc du Tacul) et la randonnée pédestre. Dans la majorité des cas, les secours étaient sur place très rapidement (selon les statistiques de l'ANENA (Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches) les secours sont sur les lieux en moins de 15 minutes dans 38% des cas et en moins de 30 minutes dans 90% des cas) [6].

1.2) Physiopathologie de « l'avalanché » constituant la base des recommandations internationales

On entend par cela les mécanismes d'adaptation physiologique du corps humain à l'ensevelissement violent sous d'épaisses couches de neige. Le but étant de comprendre comment et pourquoi les victimes peuvent malheureusement être amenées à mourir et quels sont les moyens mis à disposition pour empêcher cette évolution fatale.

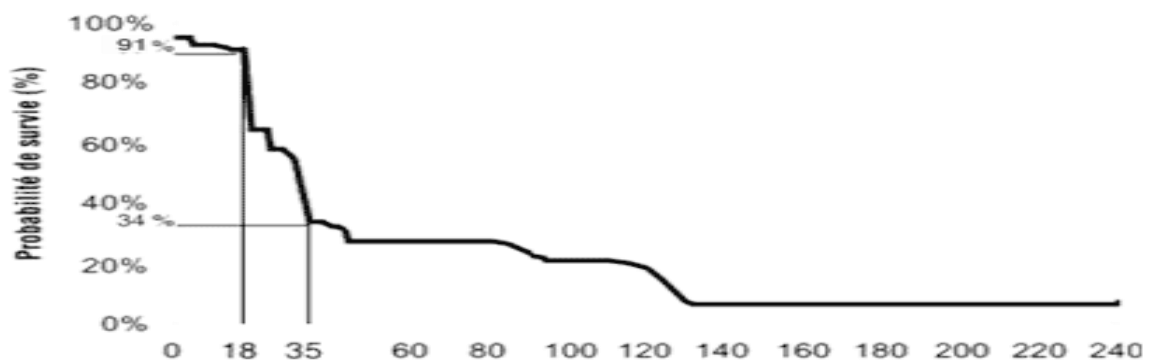
Les études distinguent deux types de victimes : celles qui sont totalement ensevelies et dont la probabilité de décès est de 50-70%, et les victimes partiellement ensevelies dont la probabilité de décès est estimée à 5%. [1]

L'ensevelissement sous une couche de neige conduit irrémédiablement à la mort si la victime n'est pas dégagée. Le décès survient dans un délai plus ou moins long et c'est là la clé du problème : « le temps c'est la vie » (time is life).

Un modèle de survie constitue la base des recommandations internationales actuelles de sauvetage et de réanimation ainsi que la justification des dispositifs de sécurité. Ce modèle s'appuie essentiellement sur des recueils européens (en majorité suisse) et date maintenant de plusieurs années. Si l'on observe attentivement ce modèle, ou courbe de survie en fonction du temps d'ensevelissement, on constate que plus le temps d'ensevelissement est court, plus les chances de survie sont élevées. [1]

La courbe de survie présente une forme caractéristique, avec quatre phases distinctes. La probabilité de survie reste au-dessus de 91% au cours des 18 premières minutes d'ensevelissement, on parle de « phase de survie ». Cette phase est suivie d'une chute brutale de survie à 34% entre la 19^{ème} et la 35^{ème} minute à cause de l'asphyxie d'une grande proportion des victimes, on parle de « phase d'asphyxie ». Entre 35 et 90 minutes, on parle de « phase de latence », la courbe de survie décroît alors doucement. Par la suite, le taux de survie décroît de nouveau, les patients ensevelis succombant à l'hypoxie et l'hypercapnie.[8]

Ces différentes phases peuvent expliquer les différentes causes de mortalité des avalanchés.



Courbe 1 : courbe de survie des victimes ensevelies (selon les données européennes)

1.2.1) Le polytraumatisme

Un certain nombre de victime dégagées dans les quelques minutes qui suivent l'ensevelissement vont être retrouvées en état de mort apparente. Ces décès sont consécutifs aux lésions vitales occasionnées par la projection des personnes contre les rochers qui jalonnent le parcours de l'avalanche ou par le choc occasionné par les blocs de neige se détachant des plaques. Les lésions présentées par les victimes sont alors si criantes qu'il n'est pas nécessaire d'entrer dans des descriptions sordides. C'est pourquoi une victime dégagée en moins de 15 minutes, présentant des lésions évidentes et retrouvée en arrêt cardiaque est formellement décédée. Par ailleurs, toute victime dégagée vivante est potentiellement porteuse de lésions organiques sévères. C'est pourquoi cette victime devra faire l'objet de précautions lors des manœuvres d'extraction et notamment bénéficier d'un maintien de la tête lors de la manipulation du rachis.

1.2.2) L'asphyxie

Elle est considérée comme la principale cause de mortalité en Europe (80 %). C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les stratégies de secours et les recommandations privilégient les outils visant à diminuer la durée de l'ensevelissement [1]. Selon plusieurs études l'hypoxie survient après 20 minutes d'ensevelissement si les voies aériennes sont libres. Le manque d'air a plusieurs origines : soit la victime ensevelie ne dispose pas de réserve d'air (ou de poche d'air), soit elle est tellement comprimée par le poids de la neige que son thorax est incapable d'effectuer un mouvement d'inhalation. Il est également possible que les voies aériennes supérieures (bouche, nez, trachée) soient obstruées par de la neige tassée rendant impossible l'arrivée d'air dans les alvéoles pulmonaires. Enfin dernière raison, la victime n'a pas la possibilité d'évacuer le gaz carbonique expiré en dehors de la poche d'air dont elle dispose au point qu'in fine, elle ne dispose plus d'aucune molécule d'oxygène dans l'air inhalé. [2]

1.2.3) L'hypothermie

Il s'agit là d'une notion très importante. Le corps humain est « programmé » pour fonctionner à une température contrôlée de 37°C. Au-dessous de cette température, les échanges ioniques et les réactions chimiques à la base de son fonctionnement se trouvent complètement perturbés. Dans un premier temps, le corps s'adapte en mettant en jeu des mécanismes de défense tels les frissons ou les claquements de dents. Il s'agit de contractions musculaires sans mouvement ayant pour seul but de produire de la chaleur. Mais ces mécanismes s'épuisent et peu à peu les frissons cessent (autour de 32°C), un coma s'installe, puis le rythme cardiaque et la respiration diminuent. Le sujet s'endort pour ne jamais se réveiller. C'est la « mort douce » décrite et redoutée par les alpinistes. Mais avant que ne survienne l'évolution fatale, il existe un véritable phénomène d'hibernation transitoire, à l'instar des animaux hibernants.

A ce stade, une victime a manifestement l'air morte alors qu'elle n'est en fait qu'en état de profonde hibernation. Il faut cependant comprendre que cela ne concerne « que » les victimes ensevelies pendant au moins 45 minutes, temps nécessaire à l'installation d'une hypothermie accidentelle progressive. [1]

C'est la raison pour laquelle la mesure de la température corporelle d'une victime d'avalanche en arrêt cardio-respiratoire (ACR) est si importante. En effet, si la température centrale mesurée est inférieure à 32°C, alors il n'est pas possible de prononcer le décès car la victime est potentiellement en état de « pseudohibernation » du fait de l'hypothermie. Les différents sites de mesures de la température peuvent être :

- Tympanique : bon reflet de la température centrale, rapide, mais fausse si ACR.
- Œsophagienne : bon reflet de la température centrale, risque de FV si T° inférieure à 30°C.
- Rectale : reflet moins bon de la température centrale, risque malposition.

Mais tous les sujets en hypothermie ne sont pas forcément en ACR. Il est des situations intermédiaires, entre 28° et 32°C, dans lesquelles les sujets sont dans le coma mais respirent. Toute la chaleur va se concentrer vers le noyau, c'est-à-dire vers les organes

vitaux (cœur, cerveau, reins..) et à l'inverse, les racines vont être extrêmement froides. Aussi la moindre mobilisation brutale risque de remettre en circulation le sang glacial et d'aggraver brutalement l'hypothermie, entraînant du coup un arrêt cardiaque.

Plusieurs techniques de réchauffement existent. Au-dessous de 35°C de température centrale, le réchauffement de la victime devient une priorité. Dans les situations d'hypothermie modérée (32 à 35°C), les sujets sont capables de lutter seuls grâce aux frissons et au réchauffement dit actif. Néanmoins, il est indispensable de les isoler du froid, de leur fournir des vêtements chauds et d'utiliser des couvertures chauffantes (à air pulsé) ainsi que des perfusions de solutés chauds. On parle de techniques dites de réchauffement passif. Au-dessous de 32°C, les mesures passives décrites précédemment vont être mises en place chez les sujets présentant une activité cardio-respiratoire. Si ces mesures sont inefficaces, il faudra alors mettre en place des techniques dites invasives. Des lavages gastriques chauds ou des lavages de la cavité abdominale par des liquides chauds sont d'anciennes techniques assez peu utilisées aujourd'hui contrairement à la circulation extracorporelle (CEC) de réchauffement et plus particulièrement l'ECMO (ExtraCorporeal Membrane Oxygenation). C'est la technique de référence pour réchauffer les sujets en ACR et en hypothermie profonde ou ceux pour lesquels les techniques non invasives ont échoué.[10,11,12,13,14]

1.3) L'avalanche : plusieurs pathologies mais aussi souvent plusieurs victimes

Les trois catégories de pathologies possibles, à savoir le polytraumatisme, l'asphyxie et l'hypothermie peuvent parfois se superposer. Un sujet peut avoir été en asphyxie transitoire, être hypotherme à 33°C et avoir un saignement dû à une lésion de la rate. Ceci illustre le fait que l'analyse sur le terrain est vraiment complexe.

Une victime peut donc être poly-pathologique mais également une avalanche peut concerner plusieurs victimes à la fois, d'où l'importance pour le médecin amené à prendre en charge une avalanche d'avoir de solides connaissances en médecine de catastrophe. La priorité est aux vivants qui vont s'aggraver rapidement : inconscient hypotherme (priorité

sur toute autre mission) > polytraumatisé, conscient hypotherme, TC grave > conscient
 $T^{\circ} < 32^{\circ}\text{C}$ puis $T^{\circ} > 32^{\circ}\text{C}$ > ACR en hypothermie > DCD.[7,9]

1.4) Modification des courbes de survie en fonction de la localisation et du type d'activité pratiquée

Jusqu'à maintenant l'asphyxie était considérée comme la principale cause de décès chez les personnes victimes d'avalanches loin devant les causes traumatiques, raison pour laquelle les autorités ont préféré développer des outils visant à diminuer la durée d'ensevelissement mais ne visant pas à prévenir les traumatismes. Or de récentes études tendent à prouver que les victimes sont très fréquemment traumatisées en plus d'être asphyxiées.

En 2009 une étude a porté sur 204 patients autopsiés à la suite d'un décès par avalanche entre 1984 et 2005 au Canada [3]. L'asphyxie était la cause du décès dans 75% des cas et il s'agissait d'un traumatisme dans 24% des cas avec un traumatisme mortel de rates dans les majorités des cas. Il est important de signaler que dans 13% des cas décédés par asphyxie, un traumatisme majeur (défini par un ISS supérieur à 16) était présent. De plus 52% des patients décédés par traumatisme n'étaient pas entièrement ensevelis. La cause de décès dus à un traumatisme était encore plus importante dans les sous-groupes skieurs héliportés (30%) et skieurs hors-pistes (33%).

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces résultats :

- Les activités à risque d'avalanche ne sont pas pratiquées dans les mêmes pourcentages en Europe ou au Canada.
- Le délai d'extraction d'une victime est plus court au Canada (18 minutes VS 35 minutes en Suisse).
- Les traumatismes étaient sous-estimés jusque-là. En effet actuellement en dehors des blessures mortelles évidentes il n'y a aucun consensus pour rechercher une

lésion profonde. Faut-il réaliser une imagerie à tous les avalanchés sachant que ces examens sont aujourd'hui dictés par la clinique ?

En 2011 une étude est venue renforcer les résultats de 2009 en comparant le modèle (ou courbe) de survie Canadienne des patients complètement ensevelis par rapport au modèle Suisse qui sert rappelons le, de base unique aux recommandations internationales. [24]

Le taux de survie n'était pas significativement différent entre les deux pays. Par contre la forme de la courbe de survie était différente et variait en fonction du type de neige. La courbe canadienne montrait une baisse plus rapide de la survie dans les premières minutes de l'ensevelissement et elle s'accroissait lorsque l'avalanche était constituée de neige dense.

Une étude observationnelle rétrospective américaine estimait que 61% des patients qui décédaient lors d'une avalanche avaient un traumatisme crânien fermé. [23]

Les conséquences de ces études sont nombreuses :

- La validité universelle de la courbe de survie et les recommandations qui en découlent demeurent inconnues. Bien que les quatre phases distinctes de la courbe semblent universelles, leur durée et leurs contributions à la survie sont modifiées par des facteurs locaux (tels que le climat, le relief, l'activité pratiquée...).
- Modifications des recommandations avec aux USA préconisation du port d'un casque de protection dans les activités à risques.
- Développement de nouveaux produits tel qu'un airbag visant à protéger la tête et les cervicales en plus de diminuer le risque d'ensevelissement.
- Réalisation de nouvelles études permettant de mieux définir la physiopathologie de la personne victime d'avalanche. C'est le cas d'une étude portant sur des porcs ensevelis avec sédation visant à obtenir des critères de référence réalistes pour évaluer les chances de survie des victimes d'avalanche qui bien qu'approuvée par la commission de l'expérimentation animale autrichienne a été stoppée par des associations de défense des animaux. [26]

1.5) Les intervenants en France

1.5.1) L'ANENA

L'ANENA (Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches) a été créée en 1971 par Louis Néel, prix Nobel de physique. Cette institution a pour mission actuelle :

- La prévention par le traitement et la diffusion de l'information et la formation des professionnels.
- Le recensement des accidents d'avalanche.

1.5.2) Le secours en montagne

1.5.2.1) Les secouristes

Les secouristes sont les héritiers des volontaires bénévoles d'antan. Ils sont maintenant professionnels et intègrent les groupes suivants :

- CRS Montagne.
- Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne (PGHM).
- Groupe Montagne Sapeurs-Pompiers (GMSP).

Ils peuvent être aidés par les maîtres-chiens d'avalanche et les pisteurs-secouristes des stations de ski.

1.5.2.2) L'hélicoptère

La quasi-totalité (97%) des secours s'effectue via le vecteur hélicoptère. Depuis 1959 les hélicoptères permettent de raccourcir la durée du secours en « arrachant » la victime à la montagne en un temps record.

Avec l'évolution technologique, les modèles d'appareils ont changé, en passant de l'Alouette à l'EC 145. Ils appartiennent soit :

- Au groupement aérien de la sécurité civile.
- Au groupement aérien de la gendarmerie nationale.
- A des sociétés privées comme le secours aérien français.

1.5.2.3) Les médecins

La présence du médecin aux côtés des secouristes a été préconisée par les militaires des troupes alpines dès les années 1950. Ce sont des praticiens des SMUR hospitaliers proches des massifs, ou à défaut des médecins généralistes locaux. Ils sont titulaires de la CAMU, du DESC de médecine d'urgence ou du DES d'anesthésie réanimation.

Les médecins de montagne sont sélectionnés sur leur double compétence, à savoir la pratique des sports de montagne et la médecine d'urgence.

C'est en 1984 que les premiers cours de médecine de montagne ont été donnés par l'ARPE (Association pour la Recherche de la Physiologie de l'Environnement) en France.

Il existe deux formations actuellement en France :

- Le Diplôme Inter Universitaire d'Urgence en Montagne (DIUMUM) organisé par les facultés de Toulouse et Grenoble.

- Le Diplôme universitaire de médecine de montagne organisé par la faculté de Bobigny.

1.6) Les dispositifs de sauvetage disponibles

Les dispositifs disponibles ont pour principaux objectifs de :

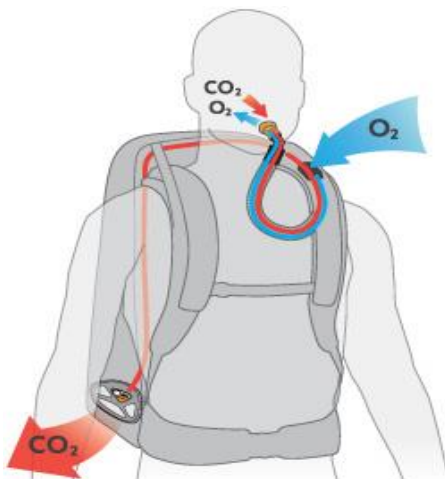
- Diminuer la durée d'ensevelissement en facilitant la localisation de la victime. Les dispositifs concernés sont le Dispositif Victimes d'Avalanche (DVA) [16] ou le réflecteur RECCO [17,18] (parfois déjà intégré dans les équipements de ski ou de snowboard). Contrairement à l'idée reçue que la majorité des pratiquants en sont équipés, il faut savoir que 85% des randonneurs en raquette ensevelis dans une avalanche n'ont aucun de ces équipements tout comme 45% des skieurs hors-pistes, 18% des randonneurs à ski et la grande majorité des alpinistes en neige l'été qui n'ont pas de DVA [6]. La sonde et la pelle sont également des outils indispensables et indissociables au DVA. [22]



- Diminuer le risque d'ensevelissement avec des équipements tels que le sac airbag qui permet une fois gonflé de rester à la surface de l'avalanche. Le principal obstacle étant le coût élevé de cet appareil.



- Diminuer le risque d'asphyxie avec des appareils tels que l'avalung. Cet appareil similaire à un tuba de plongé est constitué d'un embout que l'on place dans sa bouche et d'un tuyau souple par lequel on peut inspirer l'air qui se trouve dans la neige au contact d'un petit filet maillé (retenant la neige), situé au niveau de l'abdomen. L'expiration se fait par le même embout, mais l'air expiré ne vient jamais vicier l'air inspiré, puisqu'il est rejeté dans le dos de la victime. [19]



A noter qu'aucun de ces dispositifs n'est destiné à prévenir des blessures mortelles.

1.7) Les aspects règlementaires

L'article 2 de la loi du 6 janvier 1986 relative à l'aide médicale urgente et aux transports sanitaires stipule le devoir d'apporter des soins en tout lieu.

Le rôle du maire est de prévoir un service de pisteur-secouristes et des sociétés privées d'hélicoptères et d'ambulances afin d'assurer les secours sur sa commune.

Le préfet intervient lorsqu'il s'agit d'un risque de nature particulière. Il peut mettre en place un plan de secours spécifique, tel que le plan « ORSEC » et dont les moyens dépassent la commune.

1.8) Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Le premier objectif de notre étude est de réaliser une analyse des accidents liés aux avalanches dans les hautes Pyrénées et de constater s'il existe des particularités liées à l'activité pratiquée.
- L'objectif secondaire est d'identifier le parcours de santé de la personne victime d'avalanche, de l'appel au centre régulateur jusqu'à la sortie de l'hôpital.

2. *Matériel et méthodes*

Il s'agit d'une étude observationnelle, rétrospective de janvier 2005 à décembre 2012, réalisée au SAMU du centre hospitalier de Bigorre (couvrant la zone sanitaire des Hautes Pyrénées et de la Haute Garonne).

Le critère d'inclusion retenu est tout patient ayant nécessité un secours par le SAMU montagne dont le motif était avalanche. Nous n'avons pas retenu de critère d'exclusion.

Les données ont été collectées dans un tableau Microsoft Excel à partir des triptyques d'intervention du SMUR montagne et du compte rendu d'hospitalisation.

Le calcul des courbes de survie s'est fait selon la technique de Kaplan-Meier à l'aide du logiciel XLSTAT. Les variables nominales ont été comparées par un test de chi² corrigé et V de Cramer et les valeurs continues par un test de Scheffe et Kruskal-Wallis. Un p inférieur à 0.05 a été retenu comme étant statistiquement significatif.

Les dossiers ont été récupérés sur le CH Bigorre et le CHU Rangueil.

Pour chaque patient nous avons recueilli :

- L'âge et le sexe,
- L'activité pratiquée,
- Le bilan initial avec bilan des fonctions vitales et bilan lésionnel,
- Le critère ensevelissement ou non, et si disponible, la durée de l'ensevelissement,
- La chronologie de la prise en charge (alerte, arrivée sur les lieux, départ des lieux, durée d'intervention),
- Le compte rendu d'hospitalisation avec compte rendu imagerie si réalisée.

Les résultats sont exprimés en pourcentage pour les données nominales et en moyenne médiane pour les variables continues.

Description des activités à risque :

- Ski hors-piste (circulaire de 1978 et de 1987) : zones accessibles gravitairement depuis l'arrivée des remontées mécaniques et situées aux abords ou entre les pistes.
- Alpinisme : cascade de glace, courses avec crampons.
- Randonnée pédestre : raquettes à neige.
- Ski randonnée : désigne les différentes pratiques consistant à évoluer à ski sur des zones non aménagées.

La définition d'un traumatisme grave retenue est un score ISS (Injury Severity Score) supérieur à 16.

3. Résultats

3.1) Caractéristiques de la population

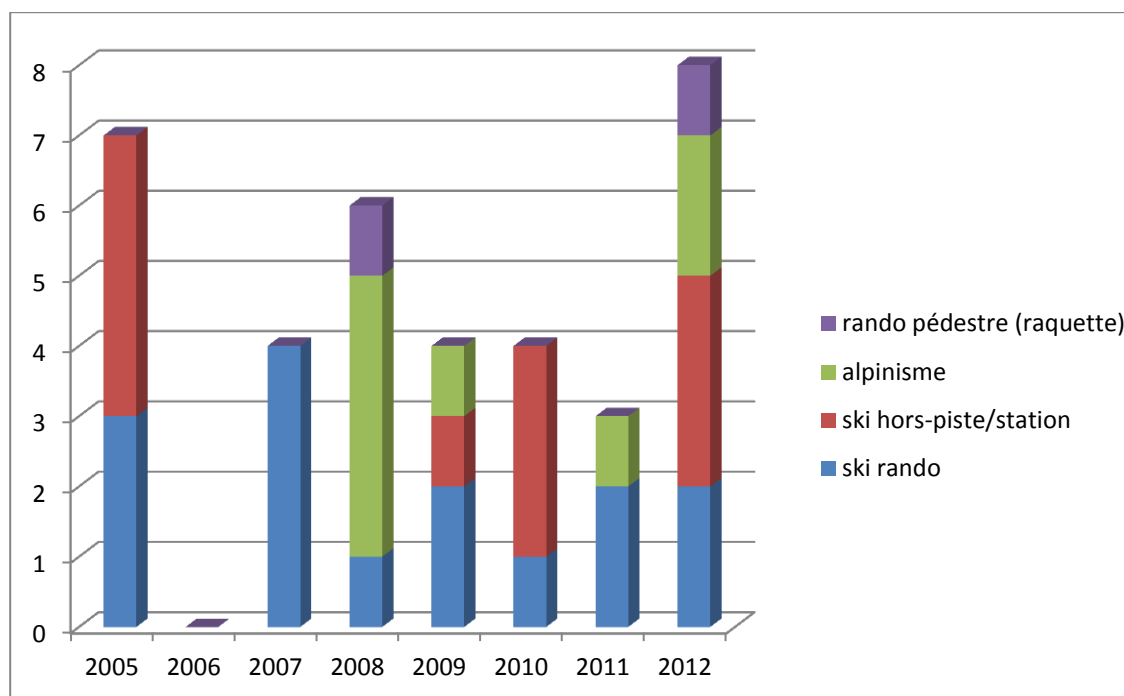
36 dossiers de victimes d'avalanche prises en charge par le SMUR montagne entre le 1^{er} janvier 2005 et le 31 décembre 2012 ont été sélectionnés. Ils concernent 15 skieurs randonnées, 11 skieurs hors-pistes, 8 alpinistes et 2 randonneurs pédestres.

L'âge moyen des victimes était de 37 ans, le sexe ratio 27/8.

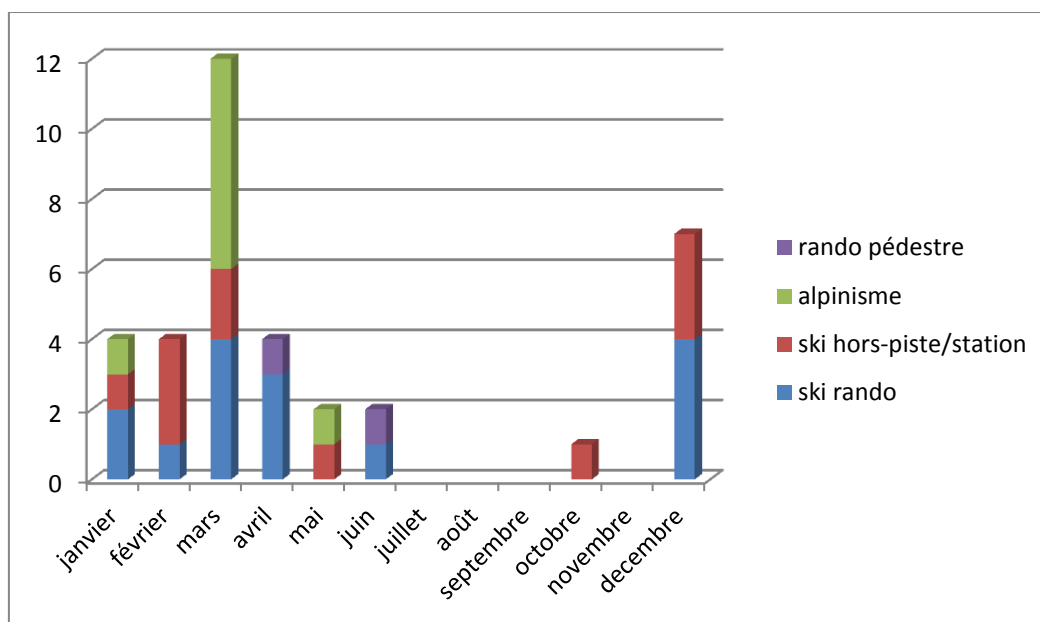
Pour le ski randonné : sexe ratio 3/2, âge moyen 40 ans (médiane 31.5 ans, 19-66 ans).

Pour le ski hors-piste : sexe ratio 10/1, âge moyen 32.5ans (médiane 28 ans, 24-64 ans).

Pour la randonnée pédestre : sexe ratio 1/1, âge moyen 56.5 ans (médiane 56 ans, 54-59 ans). Pour l'alpinisme : sexe ratio 7/1, âge moyen 34.5 ans (médiane 32.5 ans, 25-47 ans).



Graphique 1 : répartition des accidents d'avalanches en fonction de l'année et de l'activité

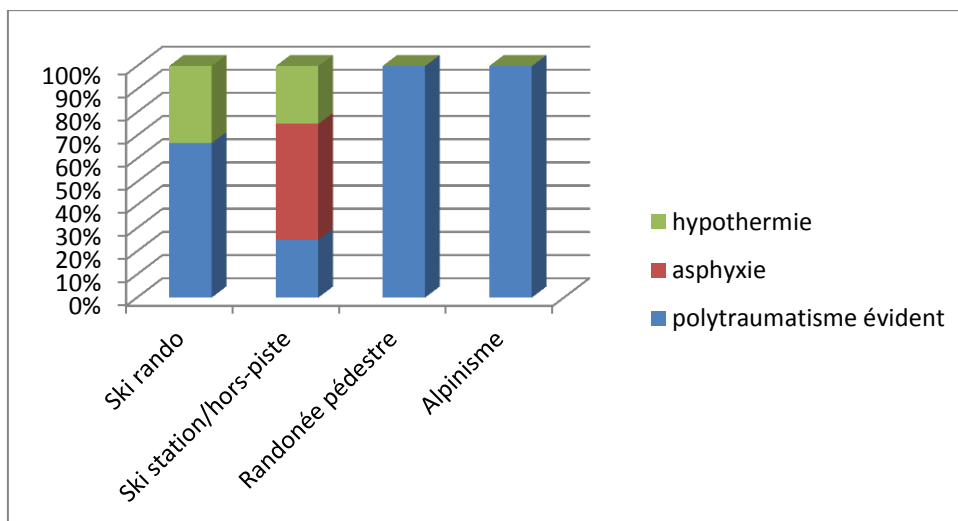


Graphique 2 : répartition des accidents d'avalanches en fonction du mois et de l'activité

3.2) Etats de mort apparente et causes hypothétiques

Notre étude met en évidence de grandes disparités concernant le nombre de victimes en état de mort apparente à l'arrivée du secours en fonction de l'activité pratiquée. En effet 100% des randonneurs pédestres sont morts dans notre étude contre 50% des alpinistes, 36% des skieurs hors-pistes et 20% des skieurs randonnées.

De même la proportion des causes d'ACR diffère en fonction de l'activité.



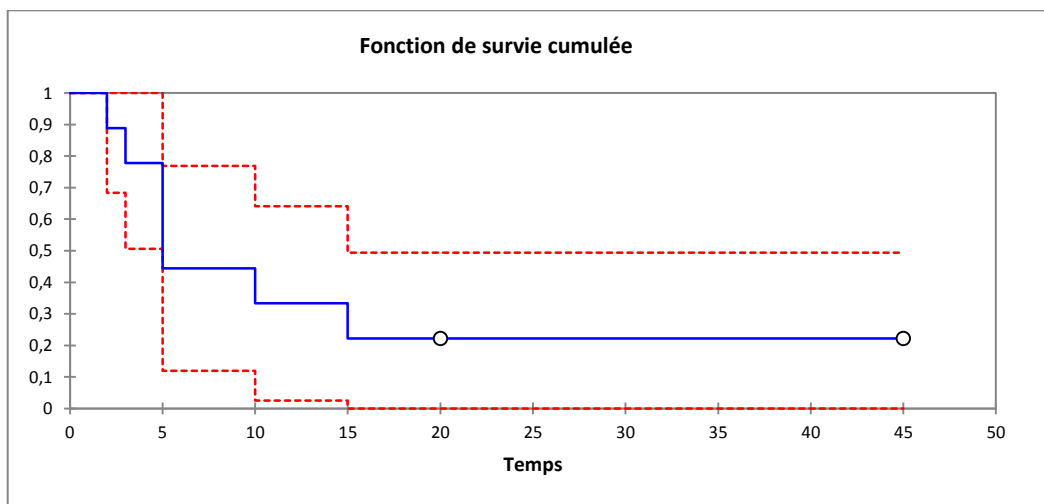
Graphique 3 : Cause à l'origine de la mort apparente évoquée sur terrain d'intervention

Comme vu précédemment une victime d'avalanche en état de mort apparente ne doit pas toujours être déclarée décédée sur les lieux de l'intervention. En effet, comment faire la différence entre une victime en ACR consécutif à une hypothermie profonde et une victime décédée depuis longtemps et donc « froide » ? La réponse est simple : sur le terrain on ne peut pas faire la différence. C'est pourquoi tous les sujets hypothermes avec une $T^{\circ} < 32^{\circ}C$ et ensevelis depuis plus de 45 minutes sans critère objectif de polytraumatisme ou d'asphyxie, bénéficient de réanimation active. Une kaliémie supérieure à 12mmol/l impose un arrêt de la réanimation. Dans les autres cas la victime pourra bénéficier d'une circulation extracorporelle de réchauffement [10,11,12,13]. Dans notre étude cette situation s'est retrouvée à deux reprises :

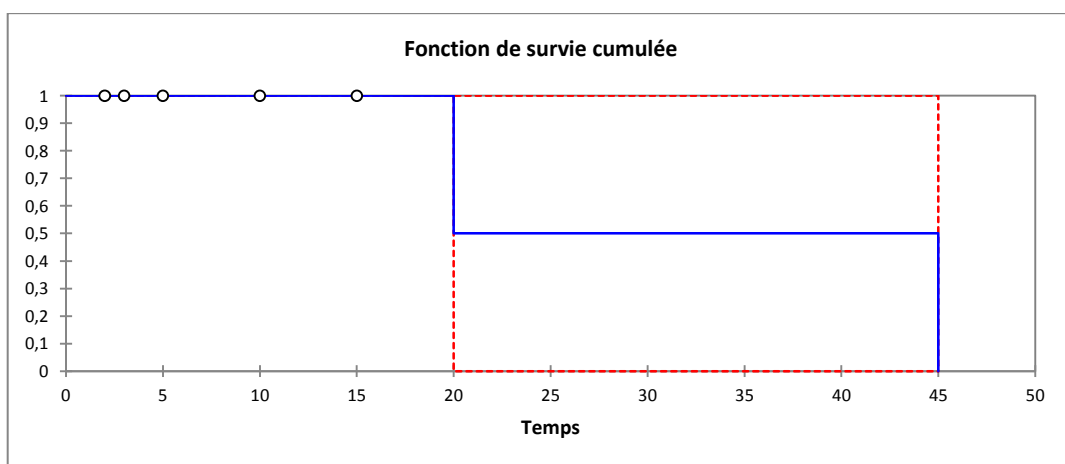
- Une victime en ski randonnée dont la kaliémie (réalisée à Toulouse) est revenue à 14mmol/l, la personne a donc été déclarée décédée. La cause reste cependant inconnue.
- Une victime en ski hors-piste qui répondait aux critères : hypothermie à $26^{\circ}C$ (T° œsophagienne), absence de traumatisme évident, voies aériennes supérieures libres. Le patient a bénéficié d'un réchauffement par ECMO au CHU Rangueil. Il est décédé à J1 d'une CIVD.

3.3) Courbes de survie des patients ensevelis

Comme vu précédemment la survie est conditionnée en partie par l'ensevelissement ou non de la victime et si ensevelissement de sa durée [1,2]. Dans notre étude 38% des victimes étaient complètement ensevelies. Elles se répartissaient comme tel : 60% des skieurs randonnée (avec une durée moyenne d'ensevelissement de 12 minutes), 36% des skieurs hors-pistes (avec une durée moyenne de 48 minutes) et 50% des pratiquants de randonnée pédestre (avec une durée de 75 minutes). En revanche, dans notre étude, aucune des victimes pratiquant l'alpinisme n'a été enseveli.



Courbe 2 : courbe de survie des victimes ensevelies en ski randonnée



Courbe 3 : courbe de survie des victimes ensevelies en ski hors-piste

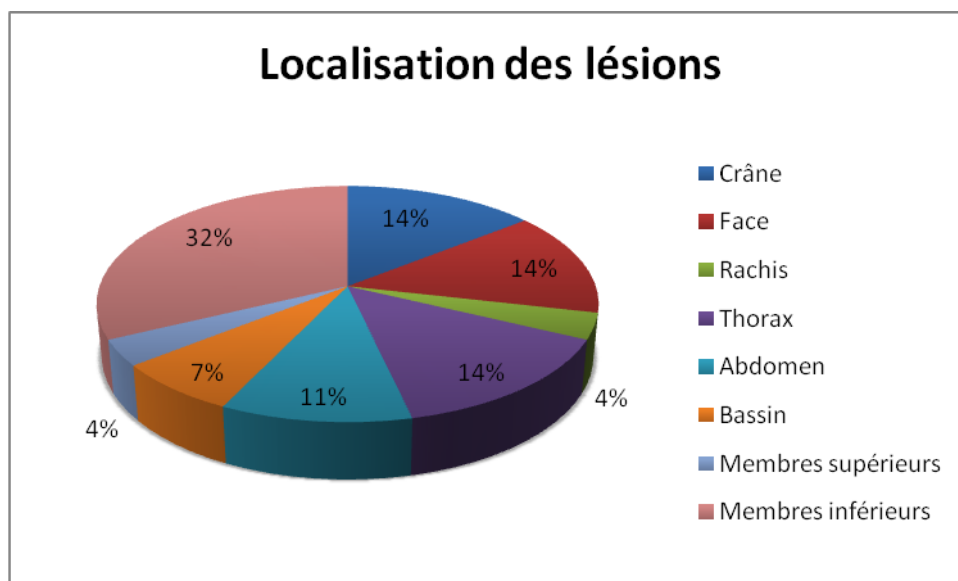
3.4) Traumatisme et victime d'avalanche

Nous n'avons retenu pour le calcul des traumatismes que les personnes ayant survécu. Notre étude retrouve 70% de victimes traumatisées dont la moitié souffrant de traumatisme sévère (défini par un score ISS >16). Toutes les victimes suspectes de traumatisme grave ont bénéficié d'un body scanner. Les autres victimes ont toutes eu une imagerie par radiographie des parties douloureuses, complétée pour un seul dossier par un scanner cérébral (patient ayant présenté un TC/PC).

Pour le sous-groupe victime ensevelie, 30% des traumatisés étaient des traumatisés graves. Pour le sous-groupe victime non ensevelie, 40% des traumatisés souffraient de traumatisme grave. Notre étude retrouve un lien statistiquement significatif entre le traumatisme et le non ensevelissement ($p=0,0053$).

3.4.1) Localisation des lésions

La localisation des lésions est illustrée par la figure ci-dessous :



Graphique 4 : Répartition des lésions

Le tableau suivant illustre la répartition des lésions par localisation chez les victimes ensevelies et non ensevelies :

Localisation	Victime ensevelie	Victime non ensevelie
Crâne	2	2
Face	0	4
Rachis	1	0
Thorax	2	2
Abdomen	1	2
Bassin	2	0
Membres supérieurs	0	1
Membres inférieurs	5	4
Total	13	15

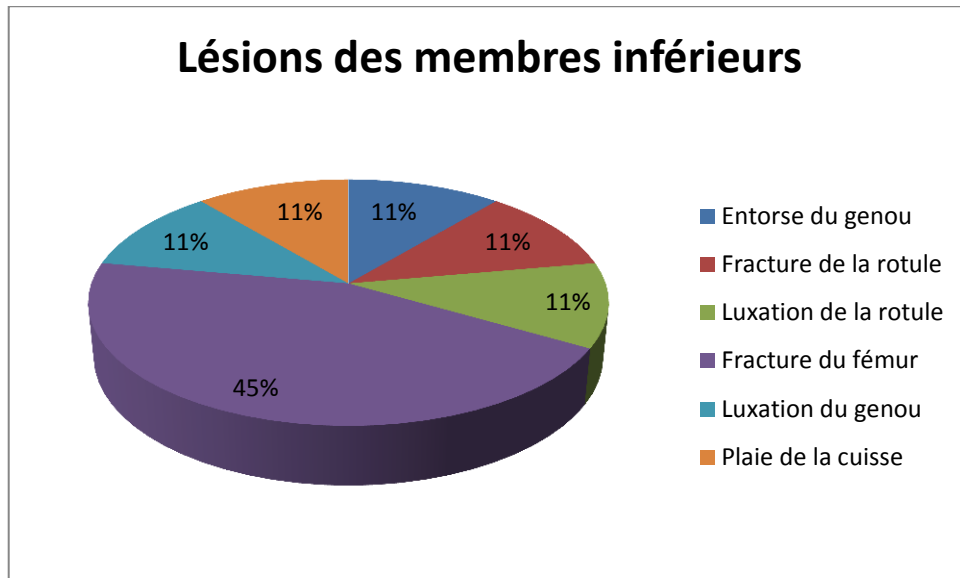
Le tableau ci-dessous illustre la répartition par localisation selon l'activité pratiquée :

Localisation	Ski de randonnée	Hors-Piste	Alpinisme	Randonnée pédestre
Crâne	2	1	1	0
Face	1	1	2	0
Rachis	1	0	0	0
Thorax	2	1	1	0
Abdomen	2	0	1	0
Bassin	2	0	0	0
Membres supérieurs	0	0	1	0
Membres inférieurs	4	4	1	0
Total	14	7	7	0

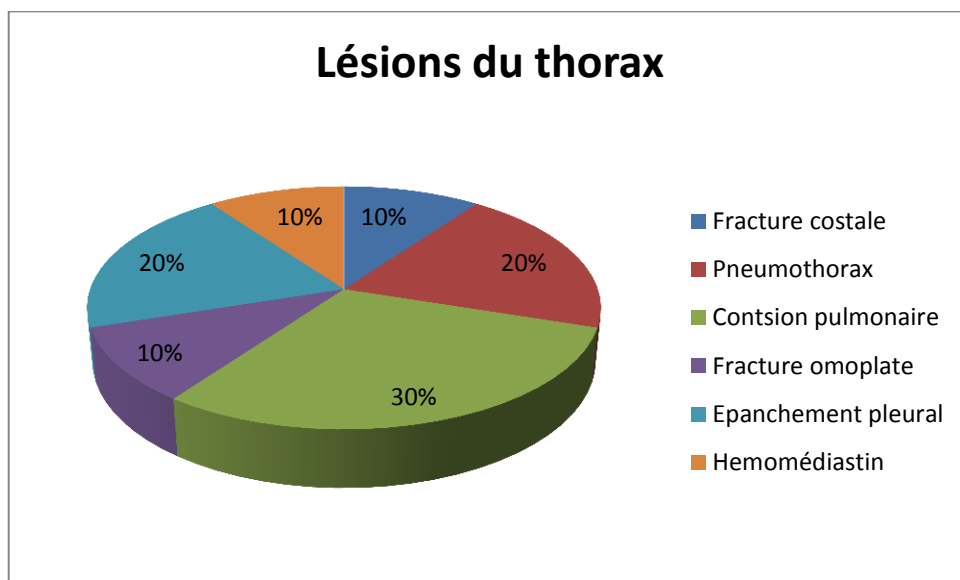
Lorsque plusieurs lésions ont été localisées au même endroit chez une même victime, un seul accident a été compté. Par exemple une contusion de la face et une plaie du cuir chevelu comptabilisent un accident localisé de la face.

3.4.2) Types de lésions

Les types de lésions des membres inférieurs et du thorax sont illustrés par les graphiques suivants :



Graphique 5 : Répartition des lésions du membre inférieur



Graphique 6 : Répartition des lésions du thorax

3.5) Parcours de santé

Dans notre étude, le délai entre l'appel passé par la victime et l'intervention des secours est de 78 minutes [écart type : 10 minutes – 420 minutes].

Délai entre appel et intervention auprès d'un alpiniste : 221 minutes.

Délai entre appel et intervention auprès d'un skieur hors-piste : 24 minutes.

Délai entre appel et intervention auprès d'un skieur randonnée : 35 minutes.

Délai entre appel et intervention auprès d'un randonneur pédestre : 37 minutes.

Résumé des liens statistiquement significatifs retrouvés dans notre étude :

	Différence moyenne	Valeur p
Alpinisme, ski hors-piste	197,49	0,0012
Alpinisme, ski randonnée	186,01	0,0013
Alpinisme, randonnée pédestre	183,88	0,0467

Le temps d'intervention auprès de la victime est de 73 minutes [écart type : 14 minutes – 180 minutes].

Délai d'intervention auprès d'un alpiniste : 115 minutes.

Délai d'intervention auprès d'un skieur hors-piste : 51 minutes.

Délai d'intervention auprès d'un skieur randonnée : 82 minutes.

Délai d'intervention auprès d'un randonneur pédestre : 35 minutes.

Résumé des liens statistiquement significatifs retrouvés dans notre étude :

	Différence moyenne	Valeur p
Alpinisme, ski hors-piste	65	0,0049
Alpinisme, randonnée pédestre	81	0,0263

Sur les 23 victimes de notre étude non décédées, 10 ont bénéficié d'une hospitalisation. Les 13 autres ont toutes bénéficié d'une consultation.

4) Discussion

4.1) Résultats principaux et leur implication

Les activités montagne à risque d'avalanche ayant nécessité un secours sont essentiellement pratiquées par une population masculine comme l'atteste le sexe ratio 27/8. Les plus jeunes d'entre eux étant attirés par le ski hors-piste et l'alpinisme.

Le nombre et la répartition des accidents d'avalanche par activité en fonction des années est très variable. Cela évoque le rôle important que joue le climat comme l'a déjà constaté l'équipe du Docteur Hermann Brugger en 2011. [24]

La répartition des accidents par mois montre que la grande majorité des avalanches survient l'hiver. Cependant, même l'été le risque zéro n'existe pas, comme on a pu le constater lors des accidents survenus au Mont Blanc du Tacul ces dernières années.

L'analyse du taux de mortalité calculé dans cette étude permet de constater que les taux retrouvés varient en fonction de l'activité pratiquée. Aussi, 100% des randonneurs pédestres sont décédés contre 20% des skieurs randonnées. Ces résultats, proches de ceux de du Dr Brugger (Should Strategies For Care Of Avalanche Victims Change) [21], ne permettent cependant pas de mettre en évidence de lien significatif entre le risque de décès et l'activité pratiqué ($p=0.1168$).

Dans notre étude les causes hypothétiques des états de mort apparente ont été classées à partir des données des fiches d'intervention SMUR remplies par un seul médecin montagne. Or certaines pathologies et notamment traumatiques ne peuvent être détectées que par imagerie voir autopsie. Il est donc possible que la part des traumatismes dans les causes de décès soit sous-estimée dans notre étude.

Dans notre étude, les traumatismes représentent la principale cause de décès des skieurs randonnées (67%), des randonneurs pédestres (100%) et des alpinistes (100%). Pourtant, selon les données suisses reconnues en Europe, seuls 5,6% des décès sont liés aux traumatismes.[1] Les résultats de nombreuses études récentes vont cependant dans notre

sens avec par exemple 27% des décès liés aux traumatismes en Amérique du nord et 33% selon les études autopsiques.[21,23] Cette grande différence de résultat existant entre les recommandations et les récentes études peut s'expliquer par le fait que les études ont été réalisées sur des durées plus courtes. De même, elles sont survenues bien plus tard que les recommandations et généralement après des campagnes de lutte contre l'ensevelissement ayant sensibilisé la population à l'utilisation de DVA (équipement permettant de réduire la part d'asphyxie dans les décès). [22]

Ces études ont également permis de faire le lien entre les activités pratiquées et le taux de décès dû à des traumatismes (par exemple, plus de 50% des décès sont liés à des traumatismes chez les alpinistes). Ce lien n'a en revanche pas pu être mis en évidence dans notre étude.

Au cours de notre étude, deux victimes n'ont pu être déclarées décédées sur les lieux de l'accident. En effet, l'état de mort apparente peut être en lien avec un état d'hypothermie sévère, état pouvant bénéficier d'une circulation extra-corporelle de réchauffement au CHU de Toulouse. Ces deux patients sont malheureusement décédés par la suite, le premier d'une CIVD à J1, le second, déclaré décédé après le résultat d'une kaliémie haute. La cause du décès de cette seconde victime reste donc inconnue puisqu'il nous est impossible de déterminer si elle résulte d'une asphyxie et/ou d'un traumatisme. Bien que la technique de réchauffement par CEC n'ait permis de récupérer aucune victime dans les Pyrénées, il est important de continuer à traiter un hypothétique état d'hypothermie sévère, cette méthode ayant par ailleurs prouvé son efficacité à plusieurs reprises dans les Alpes comme constaté dans l'étude Ruttman en 2007[10,11,12,13,15]. Ce type d'intervention soulève également la question de l'intérêt d'une table à masser, actuellement non disponible au SMUR 65, permettant de diminuer les périodes de no-flow et augmentant ainsi les chances de survie du patient [27,28,29].

L'étude de la courbe de survie des patients ensevelis retrouve un lien statistiquement significatif ($p < 0.05$) entre la durée d'ensevelissement et le risque de décès. Lorsque nous comparons le taux de décès et l'ensevelissement, nous constatons que 75% des victimes ensevelies sont mortes contre 46% des victimes non ensevelies. Cette différence n'est cependant pas significative dans notre étude ($p = 0.5$). Ce résultat peut être expliqué par un risque statistiquement plus élevé de traumatisme chez les victimes non ensevelies ($p < 0.05$).

En effet, nous pouvons supposer que la victime restée en surface de l'avalanche a heurté divers obstacles lors son parcours.

Comme dans l'étude de Dr Haegali (Comparaison of Avalanche Survivals Patterns in Canada and Switzerland) [24], notre étude n'a pas réussi à mettre en évidence de lien significatif entre le taux de décès et l'activité pratiquée ($p=0.1168$). Cependant il existe des différences dans la forme des courbes de survie en fonction de l'activité remettant en question l'universalité de la courbe de survie. En effet si nous prenons la courbe de survie des skieurs hors-pistes ensevelis, le taux de survie des vingt premières minutes reste stable puis il chute de façon importante ce qui indique des décès essentiellement survenus par asphyxie. Bien que cela ne soit pas le but de notre étude, il serait intéressant de recenser le nombre de victimes porteuses d'équipements tels que le DVA, pelle et sonde afin de constater l'influence que cela aurait sur leur courbe de survie. Peut-être que le risque d'asphyxie encouru par les skieurs hors-pistes victimes d'avalanche pourrait être réduit s'ils étaient sortis plus rapidement de la neige au moyen d'équipements adaptés ? Il serait d'ailleurs intéressant que les stations de skis mettent d'avantage en place de campagnes de prévention visant à promouvoir l'utilisation de DVA et ainsi à sensibiliser la population de skieurs hors-pistes à l'utilisation de ce type d'équipement.

La courbe de survie des skieurs randonnées ensevelis est totalement opposée à celle des skieurs hors-pistes. En effet le taux de survie décroît progressivement durant les vingt premières minutes, sans doute en lien à des traumatismes, puis reste stable. La durée d'ensevelissement est également plus courte : 12 minutes pour un skieur randonnée contre 48 minutes pour un skieur hors-piste. Cette caractéristique peut s'expliquer par le fait que les pratiquants de cette activité sont généralement équipés de DVA, pelle et sonde et ont également bien intégré la nécessité de sortir rapidement la victime de l'avalanche. Cependant même si la gestion du risque d'asphyxie est bien considérée, ne serait-il pas intéressant d'envisager de nouveaux moyens de protections visant à limiter les traumatismes ?

Les patients victimes d'avalanche ont un risque important de souffrir d'une pathologie traumatique. En effet, 70% des victimes de notre étude souffraient de traumatisme dont la moitié de traumatisme sévère (avec un risque de mortalité augmenté à court terme). Dans notre étude la victime non ensevelie avait plus de risques statistiquement significatifs de

traumatisme que le patient enseveli. En revanche nous n'avons pas réussi à mettre en évidence de lien statistiquement significatif entre l'activité et le risque de traumatisme, contrairement aux études nord-américaine. Cependant les activités pratiquées en Europe et en Amérique du nord ne sont pas les mêmes. Elles sont donc difficilement comparables.

Au niveau de la localisation des lésions, on remarque une prévalence plus importante des lésions aux membres inférieures (32%) suivi par le crâne (14%), la face (14%) et le thorax (14%). Les différentes études s'intéressent essentiellement à la répartition des traumatismes chez les victimes décédées et constatent également de nombreuses lésions du crâne (42% à 61% en fonction des études) et du thorax (environ 50%) [3,23]. Devant la part importante de traumatismes craniaux-faciaux, il me semble nécessaire d'encourager les pratiquants d'activités montagne à porter un casque.

Concernant la nature des lésions on peut remarquer que celles des membres inférieurs sont dominées par la fracture du fémur (45%). Les lésions thoraciques comprennent essentiellement des contusions pulmonaires (30%) suivi des épanchements pleuraux (20%) et pneumothorax (20%). Les fractures concernent 20% des lésions avec autant de fractures costales que de la scapula.

Selon les statistiques de l'ANENA [6], la généralisation de l'utilisation du téléphone portable, la couverture quasi intégrale des massifs français et le recours quasi systématique à l'hélicoptère, permettent dans 94% des cas aux secours d'arriver sur les lieux de l'accident en moins de 35 minutes. Cependant la rapidité dépend souvent de paramètres que nous ne maîtrisons pas entièrement comme la localisation difficile, le transport sur les lieux, la météorologie, l'heure de l'appel du secours, etc.

Le délai d'intervention moyen retrouvé dans notre étude, bien supérieur à 35 minutes, en particulier pour l'alpinisme, peut s'expliquer par l'existence d'une seule équipe montagne devant gérer plusieurs situations simultanément, une large zone géographique couverte. Dans notre étude, la moitié des accidents concernant des alpinistes se sont produits le soir, empêchant une intervention immédiate des secours. Cela peut expliquer le délai d'intervention statistiquement plus long dans le cadre du secours porté à un alpiniste.

Une solution visant à réduire le délai d'intervention pourrait être la mise en place de renforts médicalisés pouvant intervenir sur les situations urgentes lorsque la première équipe est déjà engagée dans un secours.

Le délai d'intervention moyen auprès de la victime de 73 minutes peut être expliqué par la possible difficulté à extraire la victime de la neige, le temps passé à la conditionner et la durée du transport. En effet, les deux patients ayant nécessité un réchauffement par CEC ont dû être transférés à Toulouse ce qui a allongé le temps d'intervention passé auprès de la victime. Nous pouvons nous questionner sur l'intérêt qu'un CH comme Tarbes puisse disposer d'une ECMO.

Le parcours intra-hospitalier a été difficilement identifiable dans cette étude puisqu'une grande partie des victimes n'étant pas originaires de la région, ont donc bénéficié d'un rapatriement sanitaire à l'hôpital le plus proche de leur domicile.

4.2) Limites

Dans notre étude, peu de liens statistiquement significatifs ont pu être mis en évidence et ce du fait de la faible population étudiée. En effet, les victimes d'avalanche dans les Pyrénées restent peu de nombreuses. De même, toutes ne font pas appel au secours montagne. Nous pouvons alors penser que ces personnes n'ont pas été victimes de pathologies graves ou handicapantes ne permettant pas la reprise de l'activité.

Il s'agit d'une étude monocentrique où seules les victimes d'avalanche prises en charge par le SMUR 65 au CH de Tarbes ont été prises en compte. A noter cependant que les secours montagne basé à Tarbes balayent la plus grande zone géographique des Pyrénées (Hautes Pyrénées et Haute Garonne). Durant l'hiver 2011-2012 c'est d'ailleurs Tarbes qui a réalisé la totalité des secours avalanche recensés sur l'ensemble des Pyrénées [6].

Il aurait été intéressant que nous disposions de données supplémentaires tel que le type d'équipement dont disposait la victime afin de mieux cibler les carences de certaines populations.

5) Conclusion

Notre étude est la seule étude des Hautes Pyrénées traitant des victimes d'avalanches. Elle rejoint d'autres études faites à ce sujet sur le fait que l'on constate un important nombre de traumatismes, en particulier chez les victimes non ensevelies ($p < 0,05$).

Elle a permis d'analyser les accidents liés aux avalanches survenus dans les Hautes Pyrénées entre 2005 et 2012 mais également d'identifier le parcours de santé de la victime.

Bien que nous n'ayons pas réussi à mettre en évidence de lien statistiquement significatif entre le taux de mortalité et l'activité pratiquée, nous avons pu observer des différences dans la forme de la courbe de survie. Même si les quatre phases distinctes de cette courbe semblent universelles, leur durée et leur contribution à la survie sont modifiées par l'activité pratiquée.

La prise en charge d'un patient reste longue malgré les récents progrès (secours hélicoptéré, régulateur, formations professionnelles) et ce en raison de paramètres que nous ne maîtrisons pas entièrement (localisation de la victime difficile, météorologie, etc.).

En conclusion, face à l'attrait de plus en plus fort pour les activités montagne, il me semble important de continuer à étudier la victime d'avalanche de près. De plus, ces résultats seront vraisemblablement amenés à évoluer avec l'émergence de nouveaux sports à risque d'avalanche tel que le ski hélicoptéré.

Bibliographie

1. Accidents d'avalanches survenus en Suisse entre 1981 et 1998, à l'origine de 1886 victimes, par Brugger(I), Falk (Au), Durrer et Tschirky (CH) et Adler-Kastner (UK) en 2000-2001
2. Radwin MI. Unburying the facts about avalanche victim pathophysiology Wilderness Environ Med2008
3. Boyd J., Haegeli P., Abu-Laban B, et al. Patterns of death among fatalities: a 21 years review CMAJ 2009
4. McIntosh SE, Grissom K, Olivares CR, et al. Cause of death in avalanche fatalities. Wilderness Environ Med2007
5. Richalet, Herry, Blein. Médecine de l'alpinisme et des sports de montagne. Edition Masson.
6. Bilan des accidents d'avalanche ANENA.
7. ANENA le médecin du secours en montagne face aux victimes d'avalanche
8. Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L, Avalanche survival chances. Nature 1994
9. Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L et al. Field management of avalanche victims Resuscitations 2001
10. Congrès national d'anesthésie et de réanimation 2008. Conférences d'actualisation, p. 145-162.Assistances circulatoires percutanées D. Blayac, M. Bonnet, F. Kerbaul
11. Larach MG. Accidental hypothermia. Lancet 1995 ; 345 : 493-8.
12. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, et al. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. N Engl J Med 1997 2002 ; 337 : 1500-5.
13. Farstad M, Andersen KS, Koller ME, et al. Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation. A retrospective study. Eur J Cardiothorac Surg 2001 ; 20 : 58-64.
14. Ruttman E, Weissenbacher A, Ulmer H, et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in

- hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007 ; 134 : 594-600.
15. Case Report Walpoth 90, Walpoth 97, Oberhammer 08
 16. Sivardière F.,2000.Que penser des Arva de l'an 2000 ? ANENA, Neige et Avalanches n°92,décembre 2000,8 p.
 17. Sivardière F.,Recco,que faut-il en penser ? ANENA, Neige et Avalanches n°99,septembre 2002,4 p.
 18. Sivardière F.,Recco : intérêts et limites.ANENA, Neige et Avalanches n° 76,décembre 1996,4 p.
 19. Zuanon JP. (traduction),Le système Avalung.ANENA, Neige et Avalanches n° 90,juin 2000,3 p.
 20. Boyd J., Brugger H., Shuster M., Prognostic factor in avalanche resuscitation: a systematic review
 21. Brugger H., Should strategies for care of avalanche victims change? 2009
 22. Hohlrieder M, Mair P, Wuertl W, et al. The impact of avalanche transceivers on mortality from avalanche accidents. 2005
 23. Johnson SM, Johnson AC, Barton RG. Avalanche trauma and closed head injury: adding insult to injury. *Wildernes Environ Med*2001
 24. Haegeli P, PhD, Brugger H., et al. Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland 2011
 25. Baker SP, O'Neil B, Haddon WJ, et al. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *Trauma* 1974
 26. Brugger H, Paal P, Falk M: Outcry stopped approved pig study of avalanche survival. *Nature* 2010
 27. Ochoa et Al. The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions. *Resuscitation* 37 (1998) 149-152
 28. LINC study. A multicenter randomized trial comparing a mechanical CPR algorithm using LUCAS vs manual CPR in out of hospital cardiac, arrest patient.
 29. Rubertsson S, Silfverstolpe J, et al. LINC Study: comparing conventional adult out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with a concept with mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2013,21:5