

## Avalanché : Précisez les moyens de protection et la place des soignants sur un chantier d'avalanche

S. BARE

### Points essentiels

- L'asphyxie est responsable de la majorité des décès par avalanche.
- Le port d'un coussin gonflable permet de surnager dans l'avalanche.
- L'existence d'une poche d'air permet la survie au-delà de 35 minutes d'ensevelissement.
- Le port d'une poche à air artificielle permet d'accroître la survie.
- Au-delà de 35 minutes, c'est l'hypothermie qui est responsable du décès.
- Un avalanché hypotherme et conscient doit être réchauffé activement dès son extraction.
- Un avalanché hypotherme et inconscient doit être médicalisé et transféré sur un centre muni d'une circulation extracorporelle de réchauffement.
- Tout avalanché hypotherme retrouvé en arrêt cardiaque avec présence d'une poche d'air doit être médicalisé et orienté sur un centre muni d'une circulation extracorporelle de réchauffement.
- La kaliémie permet le triage final des patients.
- La médicalisation doit survenir au plus tôt, c'est-à-dire en même temps que l'arrivée du chien d'avalanche (*doc and dog*).

Correspondance : Urgences-SAMU-SMUR de Chambéry – Square Massalaz, 73011 Chambéry cedex.  
Tél. : 04 79 69 23 95 ou 06 20 70 62 43 - E-mail : stephane.bare@ch-chambery.fr

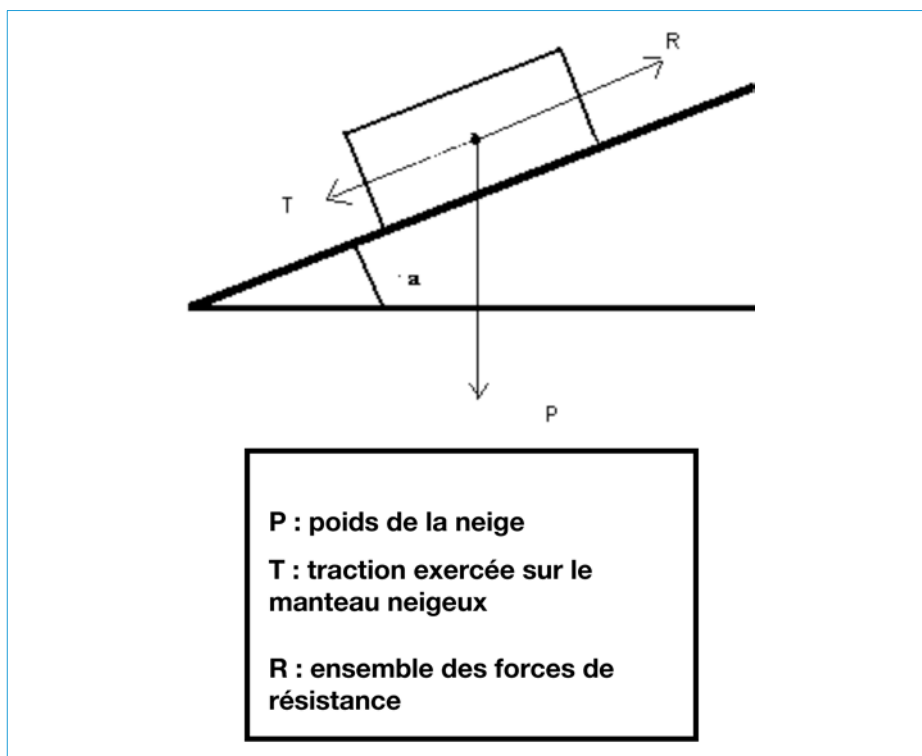
## 1. Introduction : état des lieux des accidents d'avalanche.

L'ANENA (Association Nationale pour l'Étude de la Neige et des Avalanches) recense chaque année les accidents d'avalanche sur le territoire national. Entre 2000 et 2010, 612 accidents d'avalanche ont été responsables de 316 décès. Le ski de randonnée et hors piste représentant 87 % des causes d'accidents (1). Entre 2003 et 2009 la CISA-IKAR (Commission Internationale de Secours Alpin) comptabilise 1 548 accidents d'avalanches, 2980 personnes emportées et 609 décédées sur les 20 nations qu'elle compte (2).

## 2. Physiopathologie d'une avalanche

Une avalanche est une « masse de neige qui se détache et dévale le versant d'une montagne ».

Les conditions de déclenchement d'une avalanche sur une pente sont liées aux caractéristiques mécaniques de la neige.



L'équilibre est stable quand  $T < R$ .

Pour simplifier, si idéalement la pente est homogène, les raisons induisant une instabilité du manteau neigeux sont :

- un accroissement des contraintes, par augmentation du poids (passage d'un ou plusieurs skieurs, chute de neige ou de pluie, chute de corniche) ;
- une diminution des résistances par métamorphose de la neige.

Quand elle survient, l'avalanche est le plus souvent caractérisée par son type d'écoulement directement lié au type de neige.

3 types d'avalanches :

## 2.1. Les avalanches de neige récente

On peut distinguer les avalanches de neige poudreuse et les avalanches de plaques friables.

- **Les avalanches de poudreuses** : dites également avalanches pulvérulentes, survenant par temps froid, juste après de grosses chutes de neige. L'avalanche s'écoule alors comme un gaz lourd formant un aérosol et atteignant parfois 300 km/h. L'énergie de ces avalanches est considérable ; c'est l'onde de choc qui est la plus traumatisante, ainsi que la poussière de neige causant une véritable noyade du skieur pris en son sein.

- **Les avalanches de plaques friables** : ce sont des avalanches de neige peu cohésive mais plaquée, par phénomène de frittage [destruction des cristaux de neige sous l'effet du vent, (diminution de leur taille, mais augmentation de leur cohésion) avec déplacement et agrégation plus loin] lors des précipitations avec une vitesse de vent peu élevée. L'écoulement de l'avalanche devient rapidement pulvérulent.

- **Les avalanches de plaques de neige dure** :

Les plaques se forment par transport de neige par le vent, soit lors de la précipitation, soit après par frittage. Il y a risque de déclenchement si :

- augmentation des contraintes par nouvelle chute de neige ;
- passage de skieur ;
- changement de rugosité des ancrages (par métamorphose du manteau neigeux).

L'avalanche charrie souvent des blocs de neige compacte responsables de traumatismes.

- **Les avalanches de neige humide** :

Elles concernent les manteaux neigeux métamorphosés à forte teneur en eau liquide à l'origine du déclenchement par perte de cohésion. Elles se déclenchent surtout au printemps (mais aussi lors de fortes pluies sur une neige récente), leur écoulement est lent mais agit comme un véritable bulldozer.

Plus de 80 % des accidents d'avalanche sont dus à des avalanches de plaque et dans plus de 80 % des cas, elles sont déclenchées par les victimes elles-mêmes.

### 3. Physiopathologie de l'avalanché

L'avalanché va donc être littéralement happé par l'avalanche. Sans le concours immédiat de témoins, leur aptitude à dégager la victime et à déclencher le cas échéant les secours, la victime ne va pas survivre (les auto-extractions sont rares et souvent liées à un ensevelissement partiel).

L'asphyxie est responsable de 80 % des décès, contre 5 % pour l'hypothermie (3) (4). Bien évidemment les pathologies sont souvent intriquées et chacune influe négativement sur l'autre.

Brugger a publié la courbe de survie quasi exponentielle des victimes d'avalanche (5) ; elle établit qu'avant la 18<sup>e</sup> minute d'ensevelissement, la survie s'élève à 91 %, elle tombe à 34 % à la 35<sup>e</sup> minute, reste à peu près stable entre la 35<sup>e</sup> et la 90<sup>e</sup> minute, et s'effondre à nouveau entre la 90<sup>e</sup> et la 130<sup>e</sup> minute pour atteindre 7 % et rester à peu près stable ensuite.

Cette courbe a permis d'établir que la 35<sup>e</sup> minute (souvent élargie à 45 minutes) est le moment clé au-delà duquel la victime sans poche d'air, ne survivra pas. Au-delà de la 35<sup>e</sup> minute, la survie implique une poche à air ; le décès surviendra alors par asystolie secondaire à l'hypothermie.

#### 3.1. L'asphyxie

On distingue 4 causes d'asphyxie lors de l'ensevelissement par avalanche :

- l'obstruction immédiate des voies aériennes par la neige ;
- l'ensevelissement dans une neige compacte (très pauvre en air) ;
- la création d'un masque de glace devant les voies aériennes par fonte de la neige au contact de la victime et sous l'effet de sa ventilation puis glaçage de cette eau (6) ;
- la compression du thorax par la masse de neige (7).

Comme tout asphyxié, l'avalanché va progressivement inhaler son propre gaz carbonique et s'autointoxiquer jusqu'au décès. Par contre l'existence d'une poche à air, que l'on peut définir comme l'absence d'obstruction hermétique des voies aériennes permet à la victime de passer au-delà des 35-45<sup>e</sup> minutes d'ensevelissement et de voir ses chances de survie « accrues ». Ainsi en 2000, Colin et al. étudient expérimentalement sur des volontaires sains, l'utilisation d'une poche à air artificielle de 500 cm<sup>3</sup> ; elle permet un temps d'ensevelissement moyen de 58 minutes (45-60 minutes) avec une SpO<sub>2</sub> passant de 96 % (90-99 %) à 90 % (77 %-96 %) au pris d'une élévation d'ETCO<sub>2</sub> de 32 mmHg (27-38 mmHg) à 45 (32-53 mmHg) (8). Si la poche à air est plus importante, le degré d'hypoxie sera moindre, et la survie améliorée (9).

La poche d'air doit donc être précautionneusement protégée par les secours (et par le médecin lorsqu'il est présent) lors de l'extraction.

## 3.2. L'hypothermie

Pour mémoire, on distingue quatre degrés d'hypothermie :

- **Hypothermie légère ou stade I (32-35°C)** : jusqu'à 34 °C le patient va frissonner vigoureusement. En deçà de 34 °C, s'installent confusion, léthargie, trouble de la motricité fine, dysarthrie, bradypnée. Dès 33 °C, on constate une apathie et une ataxie. La stabilité hémodynamique est de rigueur.
- **Hypothermie modérée ou stade II (28-32°C)** : la dépression du système nerveux central s'accroît ; le patient est stuporeux et ses réflexes ostéotendineux sont diminués. En deçà de 30 °C, s'installe une mydriase peu réactive, l'état neurologique mimant une mort encéphalique. Le frisson disparaît, et le risque d'arythmie majeure (fibrillation ventriculaire (FV)) est présent. Le pouls et la respiration se ralentissent.
- **Hypothermie sévère ou stade III (24-28°C)** : à 28 °C le cœur est à haut risque de fibrillation ventriculaire. Le patient présente un coma avec mydriase aréactive, bradypnée et bradycardie.
- **Hypothermie majeure ou stade IV (< 24 °C)** : bradycardie et bradypnée extrême ; la clinique mime un état de mort apparente.

En général un avalanché va atteindre les 32 °C fatigués en 90 minutes selon une vitesse de refroidissement de 3° par heure (10). Parallèlement les besoins en oxygène de la victime diminuent de 6 % par degré perdu de température corporelle. Il est essentiel de mesurer la température de la victime immédiatement à l'extraction afin d'adapter la prise en charge et d'éviter tout effet d'*after drop* lors des mobilisations (refroidissement majoré du noyau central par mobilisation du sang froid venant des extrémités). La mesure peut s'effectuer par thermomètre épitympanique ou œsophagien (mais en cas d'arrêt cardiaque, l'absence de flux carotidien fausse totalement la mesure épitympanique (11) (12)). En cas de température corporelle > 32 °C, l'hypothermie ne peut expliquer l'arrêt circulatoire chez un avalanché en AC. Par ailleurs un monitoring ECG est indispensable afin de diagnostiquer une FV et de la traiter au plus vite.

## 3.3. Les traumatismes

Ils dépendent largement du type de neige, et des matières charriées par l'avalanche. En 1989 une revue de 136 autopsies d'avalanchés impute 13 % des décès aux traumatismes (7). En 2001, sur une revue de 28 décès par avalanche, on identifie 80 % d'asphyxie mais aussi, 61 % de traumatismes crâniens (TC), dont 21 % sont des TC graves (13). En 2007, Brugger et al. établit une méta analyse de 3 études post mortem de patients décédés par avalanches. Un total de 107 dossiers est recensé ; 93,5 % des décès sont des asphyxies, 5,6 % des traumatismes et 1 % des hypothermies (14-17).

## 4. Moyens de protection et place des soignants

Les moyens de protections pour les soignants découlent directement des données précédentes. Il n'est pas rare qu'une deuxième voire une troisième coulée survienne durant le secours. Il est nécessaire d'être protégé contre le froid, de porter un casque et d'être retrouvé en moins de 18 minutes (5) (13). Les appareils de recherche de victimes en avalanche (ARVA) permettent efficacement de localiser une victime ensevelie (sous réserve que l'ensemble du groupe soit équipé du dit appareil, sache rapidement et efficacement le mettre en œuvre et possède une sonde de localisation et une pelle de déneigement). En cas d'ensevelissement plus prolongé, l'utilisation de poche à air artificielle est plus qu'intéressante (8) : des appareils sont commercialisés et peu encombrant. Par ailleurs de manière assez récente des sociétés ont commercialisés des sacs avec coussins gonflables permettant à la victime de surnager dans l'avalanche et donc de rester dans la couche superficielle de l'avalanche, si ce n'est pas en surface. De nombreux accidents d'avalanches font état de deuxième voire troisième coulée durant les secours. Il semble donc nécessaire que les soignants impliqués soient protégés par ce matériel malheureusement onéreux.

Lorsque les secours sont déclenchés il est nécessaire et vital pour la ou les victimes que le médecin arrive en même temps que le chien d'avalanche sur le lieu du sinistre (*doc and dog*) afin de parfois prendre part au secours si les bras manquent, mais surtout afin de juger lors de l'extraction, de l'existence ou non d'une poche à air, de monitorer la température et l'ECG, d'entreprendre en fonction des délais d'ensevelissement les traitements adéquats et de trier les cas de multi victimes. Le médecin se tiendra au mieux en aval de l'avalanche (18) à disposition du directeur des secours médicaux.

## 5. Règles de triage, prise en charge et orientation

Comme nous l'avons détaillé précédemment, la prise en charge de l'avalanché va tenir compte de son état de conscience, de la durée d'ensevelissement, de sa température, de la présence ou non d'une poche à air, et de la présence ou non d'un traumatisme létal évident.

- **Le patient conscient** : un patient en grand frisson sera réchauffé activement par mise en place de couvertures pour l'isoler du froid, et absorption de boissons chaudes. Sa température épitympanique sera prise (après nettoyage du conduit auditif externe). Un stade II d'hypothermie sera préférentiellement rapproché d'un centre avec réanimation, sinon un transfert vers l'hôpital le plus proche est privilégié.
- **Le patient inconscient qui respire** : la température est mesurée en épitympanique ou en rectal (mais avec le risque d'accentuation de l'hypothermie). L'hypotherme inconscient (< 32 °C) est mobilisé avec grande prudence pour éviter l'*after drop*. On évitera que le patient se refroidisse (séchage et couverture de

survie), mais en aucun cas on ne réchauffera le patient de manière active (surtout les extrémités pour ne pas favoriser un effet d'after drop). Tout geste agressif en territoire cave supérieur (pose de sonde gastrique, sonde thermique œsophagienne ou de voie veineuse centrale) est proscrit (risque de FV accru). La bradycardie est respectée. Les drogues vasoactives n'ont jamais prouvées leur efficacité en cas d'hypothermie (seul le brétylium® est recommandé par la Wilderness Medical Society pour prévenir les troubles du rythme en cas d'hypothermie). L'intubation orotrachéale sera réalisée si nécessaire (troubles de conscience, encombrement majeur) et ne semble pas délétère si et seulement si une dénitrégation importante par pré-oxygénation a été réalisée (19). La pose d'une voie veineuse périphérique est réalisable mais techniquement difficile et donc chronophage (risque de refroidissement majoré). Rien ne doit retarder l'arrivée du patient sur un centre muni d'une circulation extra corporelle (CEC) de réchauffement. Ainsi avec les hélicoptères de type EC145, il est possible de travailler dans la machine. Un remplissage sur place n'est pas indiqué car il peut favoriser une aggravation du refroidissement.

Bien sûr, le patient comateux non hypotherme sera pris en charge selon les règles habituelles et orienté sur le centre adapté.

- **Le patient en arrêt cardiaque** : la présence d'un traumatisme léthal évident contre-indiquera tout geste de réanimation ; le médecin prononcera le décès avec obstacle médico-légal si besoin. En l'absence de traumatisme léthal, une réanimation standard par compressions thoraciques et ventilation assistée et débutée. Elle sera poursuivie comme toute réanimation standard si l'ensevelissement est inférieur à 35 minutes et la température œsophagienne supérieure à 32 °C (20). En cas d'échec, le décès est prononcé sur place. Par contre, si l'ensevelissement est supérieur à 35 minutes et la température œsophagienne inférieure à 32 °C, un DSA sera immédiatement posé : la présence d'une FV implique l'administration de 3 chocs électriques externes consécutifs au maximum et le transport immédiat du patient sous compressions thoraciques et ventilation assistée jusqu'à un centre muni d'une CEC de réchauffement. La présence d'une obstruction complète des voies aériennes doit conduire à l'arrêt de la réanimation. Des voies aériennes libres feront poursuivre la réanimation cardio-pulmonaire jusqu'à l'arrivée sur un centre muni d'une CEC de réchauffement.

- **Le patient en CEC de réchauffement** : la canulation sera effective si et seulement si, le taux de kaliémie est inférieur à 10 mmol/l (21-23). Tout taux supérieur fera stopper la réanimation et la tentative de réchauffement interne actif (24-27).

## 6. Conclusion

La prise en charge médicalisée d'un avalanché passe donc par une prise en charge rapide et stéréotypée. La connaissance du terrain et un entraînement régulier des équipes sont nécessaires. Une connaissance parfaite des plateaux techniques par

le médecin est indispensable (toute mauvaise orientation pouvant avoir des conséquences néfastes pour la victime). Tout avalanché hypotherme en arrêt cardiaque avec une poche d'air présente ne sera déclaré décédé qu'après échec du réchauffement.

## Bibliographie

1. Jarry F. Bilan des accidents d'avalanches. Neige et Avalanches (revue de l'ANENA). 2000 ; 92 : 18-22, 2001 ; 96 : 23-27, 2002 ; 100 : 9-13, 2003 ; 104 : 2-6, 2004 ; 108 : 14-18, 2005 ; 112 : 13-17, 2006 ; 116 : 15-21, 2007 ; 119 : 10-15, 2008 ; 123 : 18-22, 2009 ; 127 : 10-15, 2010 ; 129 : 18-22.
2. IKAR-CISA-ICAR. Personnes sauvées dans des avalanches, vivante ou morte. Données recueillies sur le site : [www.ikar-cisa.org](http://www.ikar-cisa.org). 2004 à 2010.
3. Durrer B. Hypothermie im Gebirge : Ärztliche Massnahmen am Unfallort. Österreich. J. Sportmed 1991 ; 2 : 50-4.
4. Stalsberg H., Albretesen C., Gilbert M., Kearney M. et al. Mechanism of death in avalanche victims. Virchows Arch 1989 ; 414 : 415-22.
5. Falk M., Brugger H., Adler-Kastner L. Avalanche survival chances. Nature 1994 ; 368 : 21.
6. Williams K., Armstrong B.R., Armstrong R.L. Avalanches. In : Auerbach PS, ed. Wilderness Medicine : Management of Wilderness and Environmental Emergencies. 3rd ed. St Louis, Mo : Mosby 1995 : 616-43.
7. Stalsberg H., Albreten C., Gilbert M. et al. Mechanism of death in avalanche victims. Virchows Archiv A Pathol Anat. 1989 ; 414 : 415-22.
8. Colin K. Grissom ; Martin I. Radwin ; Chris H. Harmston, et al. Respiration during snow burial using an artificial air pocket. JAMA 2000 ; 283 (17) : 2266-71.
9. Brugger H., Sumann G., Meister R., Adler-Kastner L., Mair P., Gunga H.C., Schobersberger W., Falk M. Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow : implications for avalanche survival. Resuscitation 2003 ; 58 : 81-88.
10. Braun P.H. Probleme der Ersten Hilfe beim Lawinenunfall. Lawinen Tagung über die medizinischen Aspekte des Lawinenunfalls. Juris Druck and Verlag, Zürich, 1976 ; 89-95.
11. Etter H.J. et al. Durch Lawinen verursachte Unfälle und Schäden im Gebiet der Schweizer Alpen. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos, Winterbericht 1971/72 ; 36 : 129-31.
12. Ennemoser O., Balogh D., Ambach W., Flora G. Tympanonthermometer zur Messung der Körperkerntemperatur. ThermoMed 1991 ; 7 : 63-5.
13. Johnson S.M., Johnson A.C., Barton R.G. Avalanche trauma and closed head injury : adding insult to injury. Wilderness and Environmental Medicine 2001 ; 12 : 244-7.
14. Brugger H., Etter H.J., Boyd J., Falk M. Causes of death from avalanche. Wilderness and Environmental Medicine 2009 ; 20 (1) : 93-6.
15. McIntosh S.E., Grissom C.K., Olivares C.R. et al. Cause of death in avalanche fatalities. Wilderness and Environmental Medicine 2007 ; 18 : 293-7.
16. Hohlrieder M., Brugger H., Schubert H. et al. Pattern and severity of injury in avalanche victims. High altitude medicine and biology 2007 ; 8 : 56-61.
17. Tough S.C., Butt J.C. A review of 19 fatal injuries associated with backcountry skiing. The American Journal of forensic medicine and pathology 1993 ; 14 : 17-21.



18. Savary D. Guide pratique du secours en milieu périlleux. Issy-les-Moulineaux, ESTEM 2006 : 423 p.
19. Danzl D.F., Pozos R.S., Hamlet M.P. Accidental hypothermia. In : Auerbach PS, Geehr EC, editors. Management of wilderness and environmental emergencies. St. Louis : CV Mosby Compagny 1989 : 47-9.
20. Deakin C.D., Nolan J.P., Soar J., Sunde K., Koster R.W., Smith G.B., Perkins G.D. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support. Resuscitation 2010 ; 81 : 1305-52.
21. Locher Th., Walpoth B., Pfluger D., Althaus U. Akzidentelle hypothermie in der Schweiz (1980-1987) - Kasuistik und prognostische faktoren. Schweizerische Medizinische Wochenschrift 1991 ; 121 : 1020-8.
22. Mair P., Kornberger E., Furtwaengler W., Balogh D., Antretter H. Prognostic markers in patients with severe accidental hypothermia and cardiocirculatory arrest. Resuscitation 1994 ; 27 : 47-54.
23. Schaller M.D., Fischer A.P., Perret C.H. Hyperkalemia a prognostic factor during severe hypothermia. JAMA 1990 ; 264 : 1842-5.
24. Brugger H., Durrer B., Adler-Kastner L. On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. Resuscitation 1996 ; 31 : 11-6.
25. Brugger H., Durrer B., Adler-Kastner L., Falk M., Tschirky F. Field management of avalanche victims. Resuscitation 2001 ; 51 : 7-15.
26. Brugger H. Should strategies for care of avalanche victims change ? Canadian Medical Association Journal 2009 ; 180 (5) : 491-2.
27. Boyd J., Brugger H., Shuster M. Prognostic factor in avalanche resuscitation : a systematic review. Resuscitation 2010 ; 81 : 645-52.

