

# Quelques réflexions autour d'une classification des avalanches

Christophe Ancey

*École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Ecublens, 1015 Lausanne, Suisse*

Claude Charlier

*Toraval, l'Arenier, 26420 Saint-Martin-en-Vercors, 26420 Saint-Martin-en-Vercors, France*

On présente dans cet article une réflexion sur la classification des avalanches. La terminologie actuelle comprend à la fois les termes forgés par les populations montagnardes (et les pratiquants) et le vocabulaire technique employé par les scientifiques, les météorologues et les spécialistes de terrain. Après que l'on a mis en évidence l'insuffisance des classifications couramment en usage, un certain nombre de principes taxinomiques sont donnés. Par la suite, on propose une classification morphologique des avalanches; on distingue ensuite trois familles d'avalanches selon leur mode d'écoulement: aérosol, dense et mixte. Des critères secondaires sont fournis par l'analyse des phases (de départ, d'arrêt) et du site.

## I. INTRODUCTION

La classification est l'une des étapes obligées dans tout travail scientifique. Non seulement elle consiste à organiser le savoir en un tableau de différences et d'identités mais elle constitue également un outil précis de communication entre individus. L'histoire naturelle, qui a précédé la biologie jusqu'au XIX<sup>e</sup> s., avait d'ailleurs pour objet la structure visible des êtres vivants et pour but leur classification.

Classifier c'est mettre de l'ordre et de la mesure dans le champ de connaissances qui s'établit autour d'un domaine d'investigation. Il ne suffit pas d'inventorier pour classer, il faut également représenter le réel dans un système de symboles ou de concepts, il faut décrire et dégager les éléments communs puis les ordonner en discernant des classes là où tout peut sembler continu ou en jetant des ponts là où tout semble discontinu; en bref, classer, c'est nommer, décrire, caractériser et hiérarchiser un ensemble de phénomènes et d'objets.

Décomposer un tissu complexe de faits, en tirer un ordre pour dresser une typologie sous-tend l'existence d'une théorie ou en tout cas d'une vision conceptuelle (dégagée par exemple de l'expérience) qui fournisse un cadre méthodique dans le classement: pour hiérarchiser, il faut d'abord établir une loi d'organisation des objets étudiés [3]. Ainsi, dans la classification des êtres vivants, deux théories se sont affrontées au cours du XVIII<sup>e</sup> s.: le système (Linné, Adanson) fournit un canevas logique et déductif pour aboutir à une classification systématique alors que la méthode (Buffon) opère de manière empirique pour dresser un tableau synoptique. Et si depuis les ouvrages de Tournefort et de Linné, la balance a penché du côté du système, le débat n'en est pas pour autant achevé et reste continuellement alimenté de nouvelles théories (Jussieu, Candolle, Cuvier, Lamarck, Darwin, Hennig, etc.).

En nivologie, une question déjà ancienne est la classification des avalanches [4]. Dès 1925, le géographe Allix notait: « On a déjà proposé plusieurs classifications, ce qui suffit à prouver qu'aucune n'est satisfaisante ».

Au cours de cet article, on passe en revue l'évolution de la terminologie depuis le début du siècle; de quelques problèmes épineux mis en évidence, on donne quelques règles nécessaires pour l'élaboration d'une classification. En dernier lieu, on propose une classification fondée sur la morphologie de l'écoulement, qui permet de répondre aux exigences taxinomiques passées en revue auparavant. Nous reprenons ici l'esprit de la classification internationale des avalanches réalisée sous l'égide de l'UNESCO.

## II. EVOLUTION DE LA TERMINOLOGIE

Les premiers termes ont été forgés par les populations montagnardes, pour qui les avalanches étaient l'une des préoccupations majeures. Dans l'ensemble, on avait en général coutume de séparer les avalanches en deux familles: celles de neige « volante » et celles s'écoulant le long du sol. Chaque vallée, voire parfois communauté, avait ses mots propres: par exemple, le *cui* (à Chamonix), la *volante* (Pyrénées), le *pourbier* désignent l'aérosol tandis que la coulée [5] (Vallorcine), l'*avalanche terrière* (Pyrénées), la *matésine* sont citées pour indiquer des écoulements de neige le long du sol. Le terme même d'avalanche semble venir du latin *labi* (glisser) et se retrouve dans les toponymes de tout l'arc alpin (les Lanches, Lauenen, etc.), mais il existe de nombreuses autres racines, comme celle par exemple que l'on retrouve dans les termes *cui*, coulée, couloir, etc. L'étude des mots utilisés par les anciens habitants est complexe, parce que d'une part ils reflètent l'activité avalancheuse propre à chaque vallée [6] (ampleur, fréquence, caractère catastrophique, etc.) et d'autre part le cloisonnement jusqu'à une date récente des hautes vallées alpines, et leurs spécificités idiomatiques (bien difficiles à traduire en français moderne) ont favorisé le foisonnement de termes descriptifs.

Les premières études sur les avalanches sont dues aux forestiers dès la fin du XIX<sup>e</sup> s.; il faut saluer le remarquable travail de pionniers effectué par les précurseurs suisses J. Coaz et A. Heim, puis par P. Mougin, V. Hulin en France. Des géographes et des glaciologues, dont

en France A. Allix, E. Bénévent, et l'abbé Gex sont des figures emblématiques, ont également réalisé par la suite des travaux de valeur. A la même époque, les skieurs parlaient pour la « deuxième conquête des Alpes » et allaient fournir une abondante littérature sur le sujet, dont l'ouvrage de l'anglais Lunn constitua une référence dès sa publication en 1924. Enfin, les premières installations de protection contre les avalanches étaient l'œuvre des tout premiers ingénieurs et experts en avalanche. En France, il faut citer les exemples de Barèges dès 1860 (Génie Militaire puis services RTM) et de Chamonix en 1910–11.

La décennie 1920–30 est une époque charnière où se développèrent trois visions contrastées de la nivologie, dont les différences étaient une réponse aux soucis des divers acteurs. C'est ainsi que l'ouvrage de Lunn, l'article d'Allix ou le cours de Bernard (à l'ENGREF [7]) peuvent être regardés séparément comme les écrits paradigmatiques de ce que l'on pourrait nommer la nivologie des montagnards, des scientifiques, et des ingénieurs. En schématisant, on peut dire que chacune de ces familles présente le phénomène d'avalanche selon qu'elle souhaite se prémunir, prévoir, ou bien se protéger contre les avalanches.

Ces disparités, ces nuances face à l'approche d'un même phénomène se développèrent en France après la seconde guerre mondiale, mais jusqu'à la catastrophe de Val d'Isère en 1970 [8], le gros de la littérature fut l'œuvre de montagnards, de sorte que le vocabulaire couramment utilisé de nos jours est largement dérivé de celui des skieurs et des alpinistes. Les services experts, tels que les RTM [9], œuvraient plus dans l'ombre. Dans le domaine de la prévention contre les avalanches, la forêt était alors encore perçue comme l'arme la plus efficace ; dès lors, il n'apparaissait pas encore nécessaire de promouvoir une réelle politique de défense favorisant par exemple la construction d'ouvrages spécifiques (comme en Suisse, où le service forestier avait créé son propre centre de recherches à Davos en 1942) malgré le développement du tourisme hivernal. Faute de moyens, la nivologie scientifique était à ses premiers balbutiements en France, où seul un centre de documentation nivo-glaciologique (CEDONIGLA) existait grâce à la collaboration entre la Météorologie Nationale, EDF, et le CERA FER. C'est seulement à la suite de l'avalanche catastrophique de Val d'Isère que furent créés le centre d'étude de la neige (CEN) de la Météorologie Nationale, la division nivologie du CTGREF et l'association nationale pour l'étude de la neige et des avalanches (ANENA).

La connaissance de la neige et des avalanches, les méthodes et les techniques de protection ont depuis cette date grandement évolué, et dans le même temps les efforts de sensibilisation ont permis de diffuser des notions essentielles vers les pratiquants. Malgré cela, les problèmes de terminologie et de classification sont restés ouverts de sorte que le vocabulaire employé de nos jours est parfois considéré comme un sabir.

Pour aller plus loin, il faudrait noter que l'une des difficultés majeures dans la construction d'une classification

des avalanches, nous semble tenir dans la nécessité de, à la fois, dissocier et concilier les trois concepts plus ou moins implicites cachés dans le mot « avalanche », à savoir :

- l'avalanche comme événement ; elle est décrite par l'observation et caractérisée entre autres par un lieu et un temps.
- l'avalanche comme aléa ; elle est conceptualisée par l'expert et constitue un scénario d'avalanche majeure sur un site donné.
- l'avalanche en tant que phénomène physique ; elle est étudiée par le scientifique et représente une généralisation de données événementielles.

### III. DES PROBLÈMES DE TERMINOLOGIE

A l'heure actuelle, il existe un très grand nombre de termes sur les avalanches, comme avalanche de fond, de fonte, de printemps, de glacier, de poudreuse, de neige mouillée, de neige sans cohésion, de plaque, etc. La plupart des classifications communément répandues dégagent trois ensembles (qui sont grossièrement identiques à quelques petites différences près) : avalanches de poudreuse, de plaque(s), et de fonte. Notons que les critères de désignation pour ces classes se réfèrent respectivement à l'état de la neige, au mode de départ (ou à la structure du manteau neigeux), et à une cause du départ. Ces critères ne sont pas homogènes, ce qui rend très vite invalide ce genre de classification. Entre autres arguments, il faut noter qu'un certain nombre d'avalanches vérifient simultanément deux des critères, voire les trois. Ainsi l'avalanche du couloir des Favrans (aiguille du Midi, vallée de Chamonix) le 16 mai 1983 est une avalanche (que nous appellerons par la suite mixte) partie sous forme de plaque (mobilisant de la neige humide) au moment de la fonte des neiges et qui a développé un puissant aérosol.

Outre le problème de classification, on peut remarquer qu'un certain nombre de termes couramment usités (tels plaque, ancrage, etc.) ont des sens variés selon les personnes qui les emploient. Ainsi, dans l'usage commun, le terme d'accumulation renvoie parfois à deux notions opposées : par exemple, chez le skieur, il est synonyme de surépaisseur de neige (qui peut être cause de l'avalanche) ou bien, pour le secouriste, il s'agit du culot de l'avalanche (après son arrêt).

### IV. DES CRITÈRES DE CLASSIFICATION

Les classifications de phénomènes ou d'objets physiques (minéralogie, éléments chimiques, etc.) posent des problèmes différents de ceux rencontrés en biologie [10]. On peut néanmoins penser que toutes ces classifications doivent se fonder sur un certain nombre de points communs. Ces principes taxinomiques visent essentiellement à rendre cohérente l'articulation en classes et sous-classes,

à dégager des critères logiques pour ordonner les objets, à réduire l'arbitraire, etc. :

- L'inventaire doit précéder la classification : on ne peut réellement classer que lorsqu'on est en possession d'une collection suffisante de faits ou d'objets précisément connus.
- Un fait est supposé connu lorsque ses caractères ont pu être décrits. Dans notre cas, il existe un très grand nombre de caractères d'une avalanche : forme du mouvement, nature de la neige, cinématique, dynamique, granulométrie, cause(s) du départ, modes de départ et de dépôt, etc. Certains caractères sont stables, d'autres sont variables : par exemple, la nature de la neige est un facteur variable (elle peut être sèche, puis s'humidifier au cours de l'écoulement).
- Pour rassembler des objets, il faut trouver les caractères communs entre eux. Pour reconnaître individuellement un fait, il faut le distinguer des autres : le découpage peut donc aussi se faire par différenciation. Un tri croisé différences / identités est également possible.
- Pour opérer un tri à partir d'un critère, il faut se baser sur un caractère qui soit présent dans toute la collection de faits et qui soit (facilement) identifiable. Dans notre cas, on peut supposer sans trop d'erreur qu'un critère visuel est suffisant.
- Dans la mesure du possible, il faut choisir des critères objectifs mesurables ou logiques. Il faut entre autres se défier d'introduire des critères anthropomorphiques, qui renvoient souvent à un usage commun, certes commode mais non universel. Pour comprendre cela, songeons aux anciennes classifications (au XVI<sup>e</sup> s.) qui classaient les plantes selon l'utilisation faite (plantes aromatiques, médicinales, etc.). L'exemple donné précédemment sur le sens d'accumulation illustre cela également.
- Il faut montrer la constance des critères de classement, autrement dit avoir la certitude que la grille ne change pas en cours d'opération. Il faut donc distinguer ici écoulement et nature de la neige en mouvement, celle-ci n'étant pas nécessairement identique entre le départ et l'arrêt.
- Il faut vérifier que les critères fournissent une partition de la collection des faits connus : aucune classe ne doit être vide et tout élément appartient à une et une seule classe. Ceci n'est pas vérifié dans l'exemple de classification donnée précédemment.
- Il se peut néanmoins qu'il existe ou qu'il surgisse des phénomènes qui soient à la frontière de deux classes. Cela signifie soit qu'ils sont la combinaison de plusieurs caractères, soit qu'ils constituent des phénomènes polymorphes. Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'introduire une nouvelle classe. Le cas des avalanches mixtes définies plus loin en est un exemple. Au contraire, lorsqu'il s'agit de la combinaison de plusieurs facteurs, il faut préférer le ca-

ractère essentiel devant le caractère accidentel ou de faible influence.

- Les principes de la classification sous-tendent une théorie ou un concept qui explique la structure ou l'organisation du phénomène, qui dévoile l'architecture intime et l'agencement des éléments. Dans notre contexte, on se rattachera à la définition d'une avalanche (introduite dans le paragraphe suivant) : c'est un écoulement rapide de neige. Il est donc naturel d'essayer de proposer des critères d'ordre basés sur l'écoulement.
- Il faut limiter le nombre de classes et de termes descriptifs introduits. Ce principe d'économie contribue à rendre efficace la classification.

## V. PROPOSITION DE CLASSIFICATION DES AVALANCHES

### A. Définition d'avalanche

La manière la plus simple de définir une avalanche est de dire qu'il s'agit de l'écoulement gravitaire rapide d'une masse de neige sur une pente de montagne. Il s'agit d'un écoulement, on s'attend à ce que la distance parcourue soit très largement supérieure à la taille caractéristique de la masse mobilisée. Le qualificatif *gravitaire* rappelle que la force motrice de l'écoulement est due à la gravité ; on ajoute également *rapide* par opposition avec la reptation qui est également un écoulement de neige, résultant du fluage et du glissement des strates. Ce mouvement de reptation est lent (quelques cm/jour) alors que la vitesse d'une avalanche se mesure en m/s. La taille du phénomène (masse mobilisée, distance parcourue, vitesse maximale atteinte) est extrêmement variable d'une avalanche à l'autre et s'étend sur plusieurs ordres de grandeur : ainsi, le volume de neige engagée varie de quelques dizaines de m<sup>3</sup> à plus d'un million. En-deçà d'une certaine taille (faible volume engagé et phase d'écoulement quasiment inexistante), on préfère parler de coulée.

### B. Principe

Pour opérer le classement, il faut introduire le critère de tri. Compte tenu des remarques sur les règles taxinomiques, il faut choisir un caractère fixe. Le plus simple et efficace est de se rapporter à la définition : on peut classer les avalanches selon leur mode d'écoulement. Le caractère morphologique est en effet stable pour une avalanche et il est facilement discernable. On ne tient pas compte ici des critères portant sur la nature de la neige mobilisée (facteur variable) ou sur la cause du départ. En effet, il serait difficile d'établir une classification génétique car les causes sont parfois multiples, leur(s) mécanisme(s) ne sont pas encore entièrement élucidé(s) et des moyens complémentaires d'analyse (sondage par bat-tage, etc.) sont requis.

Par ailleurs, l'avalanche a une durée et elle affecte un lieu. Pour poursuivre la classification, on introduit des éléments descriptifs du déroulement de l'avalanche ; on définit ainsi les phases de départ, d'écoulement et d'arrêt. Ces descriptions temporelles nécessitent à leur tour de développer certaines notions spatiales : on parle de site avalancheux, lui-même découpé en zones appelées zones d'accumulation, de transit, de dépôt. Ces notions ne sont définies qu'à partir de considérations topographiques et sont indépendantes des phases.

### C. Phases successives d'une avalanche

Une avalanche est un écoulement transitoire d'une masse finie de neige ; elle a donc un début et une fin. Schématiquement, on scinde donc la vie d'une avalanche en trois stades successifs :

- *La phase de départ.* C'est le stade de mise en mouvement de la neige de manière spontanée ou non ; on considère qu'elle s'achève lorsque le gros de la masse de neige a été mobilisée. La surface concernée est appelée aire de départ [11].
- *La phase d'écoulement.* C'est la phase la plus importante durant laquelle il y a, à proprement parler, un écoulement, c'est-à-dire déplacement d'un point à un autre de toute la masse de neige mobilisée [12]. Dépôt et reprise de neige au sol peuvent néanmoins encore intervenir. La phase d'écoulement ne dépend pas du mode de départ. Quel que soit le phénomène, on peut découper durant ce stade une avalanche en trois parties anatomiques distinctes : le front, le corps et la queue (fig. 1).
- *La phase d'arrêt.* C'est le dernier stade durant lequel la neige en mouvement décélère puis s'arrête. La surface sur laquelle s'est immobilisée la neige est appelée aire d'arrêt. Dans le cas d'un aérosol, cette surface peut être délicate à déterminer, on indique grossièrement une aire de sédimentation. On appelle distance d'arrêt la distance parcourue par le front de l'avalanche depuis son entrée dans la zone de dépôt [13] (voir définition plus loin) jusqu'à son arrêt définitif.

### D. Sites et zones

Une avalanche est *stricto sensu* un événement, désignant un écoulement d'une masse de neige survenu sur une pente, à une date et durant un intervalle donnés, mais dans le langage courant, on désigne souvent par avalanche tous les phénomènes qui se déroulent dans le même lieu : ainsi, l'avalanche de Tacconnaz est le nom générique d'une famille d'événements avalancheux passés ou futurs ayant ou pouvant affecté le lieu-dit Tacconnaz dans les environs de Chamonix. On lui affecte même parfois une période de retour. Certaines avalanches tombent plusieurs

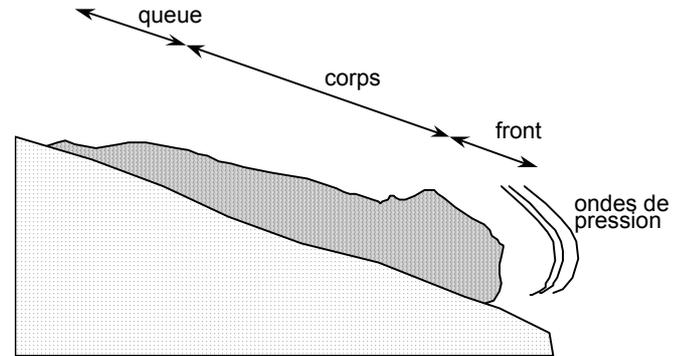


FIG. 1 Les différentes parties d'une avalanche durant sa phase d'écoulement.

fois au cours de l'hiver, d'autres une fois dans l'année en moyenne et deviennent des événements attendus : ainsi au printemps, on attend que l'avalanche du Charbonnel (Haute Maurienne) soit descendue avant de pouvoir attaquer son ascension. Quelques avalanches sont pluri-annuelles, décennales, centennales, etc. A travers l'usage métonymique du terme avalanche, on conçoit alors aisément que la description d'une avalanche donnée nécessite également celle du site dans lequel se déroule la famille de phénomènes à laquelle elle appartient. Ainsi, on peut définir le site avalancheux comme la plus petite unité géographique dans laquelle s'écoulent toutes les avalanches d'un secteur sans considération de leur taille ou de leur nature. Grossièrement, la limite d'un site est l'enveloppe de tous les lieux qui ont participé directement ou non à des avalanches passées ou possibles [14]. Par exemple, une zone de séracs doit être incorporée dans les limites d'un site si elle peut être la cause d'avalanche sans pour autant en fournir la masse.

A l'évidence, certains écoulements de neige ne parcourent pas l'intégralité d'un site : il s'agit soit d'avalanches mineures soit de coulées [15]. Au contraire, lorsque les trois zones sont affectées, on dit que l'avalanche est majeure. On vérifiera évidemment par la suite que cette distinction ne rende pas caduc notre principe de classification.

Pour affiner la description du site, il faut introduire des sous-unités indépendantes : nous proposons de distinguer la succession, d'amont en aval, des zones d'accumulation, de transit et de dépôt (fig. 2).

- *La zone d'accumulation.* C'est la zone supérieure du site, où la neige – qui formera (éventuellement) la masse de l'avalanche – s'accumule. Elle est constituée en général d'un vaste bassin inclinée, d'un cirque, d'un versant. Lorsqu'on souhaite étudier sa structure et son influence sur le départ d'avalanche, on analyse la zone d'accumulation en panneaux, qui sont délimités en fonction des données géographiques (topographie, végétation) et climatiques (neige, vent, etc.). On peut encore définir cette zone comme l'enveloppe de toutes les aires de départ des avalanches majeures du site.

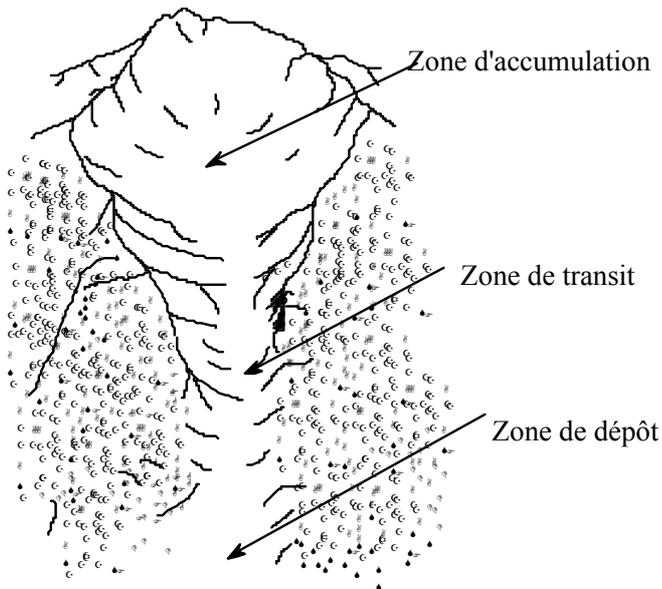


FIG. 2 Un site avalancheux est constitué des trois zones d'accumulation, de transit et de dépôt.

- *La zone de transit.* C'est la zone médiane par laquelle transitent toutes les avalanches majeures du site. On distingue en général les zones confinées (couloir) et ouvertes (versant). La géométrie est parfois plus complexe et admet des singularités (ressaut, resserrement, etc.) : ainsi, la zone peut être constituée d'un couloir se terminant sur une barre rocheuse puis un versant (comme la face nord du dôme des Sonailles, Vanoise). Il faut également noter que la forme du parcours doit être comprise comme un caractère du site étudié et non celui d'une avalanche, car elle est valable pour toute la famille des avalanches (majeures) du site. Ainsi toutes les avalanches du site du Boulangeard (au-dessus du lac de retenue du Verney, Isère) sont des avalanches de couloir.
- *La zone de dépôt.* C'est la zone inférieure du site, où toutes les avalanches majeures du site déposent la neige transportée. Ce sont souvent des critères d'inclinaison et de rugosité du sol qui délimitent la zone de dépôt.

### E. Un critère principal de classification

On classe les avalanches selon leur mode d'écoulement durant la phase d'écoulement (ce qui se passe dans la phase de départ n'est pas pris en compte). Nous distinguons :

- *L'avalanche en aérosol.* C'est un écoulement très rapide sous la forme d'un nuage résultant du mélange de l'air et des particules de neige et composé de grandes bouffées turbulentes qui dévalent la pente. La trajectoire de l'écoulement n'est pas dé-

terminée seulement par le relief et il est possible de voir un aérosol remonter une pente adverse. L'effet destructeur est le plus souvent attribué au souffle provoqué par les ondes de pression [16] (semblable à une explosion) précédant le front de l'avalanche. La puissance de l'aérosol est extrêmement variable : dans certains cas, on a affaire à un écoulement d'une violence spectaculaire, capable de raser une forêt entière, dans d'autre cas, l'aérosol ne cause aucun dégât. Les avalanches purement sous forme d'aérosol sont peu fréquentes sous nos latitudes en comparaison des autres phénomènes mais ne sont pas des phénomènes rares.

- *L'avalanche coulante.* (appelée aussi dense [17]) C'est un déplacement d'une masse de neige coulant le long du sol en suivant le relief (couloir ou versant). La vitesse est nettement moindre que dans le cas précédent. La majeure partie des avalanches appartiennent à cette classe d'écoulement. Il existe une grande variété d'écoulements denses, sans doute à cause de la large plage de caractéristiques physiques de la neige mobilisée.
- *L'avalanche mixte.* Il s'agit de la combinaison des deux modes précédents. En effet, dans certains cas, il peut arriver que l'écoulement se scinde en un aérosol et une avalanche dense (coulante). Ces écoulements peuvent devenir autonomes (c'est-à-dire acquérir une vie propre) ou rester liés. Il est à noter qu'une avalanche dense développe fréquemment un petit panache de neige, surtout au niveau de son front, mais dont la contribution à la dynamique de l'ensemble reste négligeable. Inversement, un aérosol peut traîner de la neige au niveau du sol, sans que cet entraînement prenne réellement de l'importance. Dans ces deux cas on ne peut parler d'avalanche mixte. L'avalanche mixte est un phénomène très complexe assez fréquent ; de plus, les phénomènes d'ampleur sont souvent des écoulements mixtes.

Un certain nombre d'autres critères morphologiques peuvent être donnés pour continuer la classification. Par la suite, on donne des critères caractérisant les aires de départ et d'arrêt.

### F. Critères secondaires concernant l'aire de départ

Pour décrire l'aire de départ, en général située dans la zone d'accumulation, on donne des indications concernant à la fois le manteau neigeux en général (mode de départ et surface de glissement) et la neige (type).

**Mode de départ.** On propose de distinguer trois types de fracture du manteau neigeux (fig. 3).

- Le départ en plaque est caractérisé par une fracture linéaire perpendiculaire à la ligne de pente et qui marque la frontière amont du décrochement. La forme de la fracture est une ligne brisée ou ressemble à un V inversé (cas fréquent en couloir).

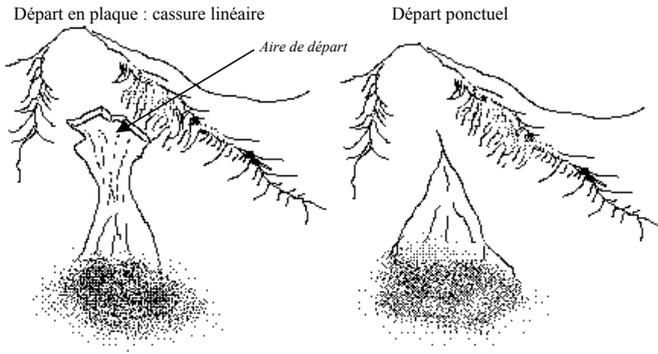


FIG. 3 Les deux principaux modes de départ : linéaire et ponctuel.

Elle est due à une rupture par traction des couches déclenchées.

- Le départ ponctuel est typique de neige de très faible cohésion. La cassure n'est pas très nette ; elle part d'un point et va en s'agrandissant.
- Le départ mixte est un départ ponctuel suivi d'un départ en plaque. D'autres formes de transition sont observables.

Il est à noter qu'il existe des fissurations lentes du manteau neigeux dues à la reptation et provoquant parfois des avalanches (l'accident du Schmarlzberg en Autriche en décembre 1974 fit 12 morts). Cela est en général assez rare en France mais relativement fréquent dans des régions soumises à une nette influence océanique (Japon, Norvège, etc.).

**Surface de glissement.** Lorsque le départ peut affecter le manteau neigeux sur toute son épaisseur dans l'aire de départ, on parle d'avalanche de fond. Dans le cas contraire, on parle d'avalanche superficielle. La surface mise à nu lors du départ est plus ou moins plane et on la nomme la surface de glissement. Elle résulte de conditions particulières au sein du manteau neigeux traduisant une discontinuité mécanique (couche fragile, croûte de regel, etc.). Dans le cas d'un départ ponctuel affectant une épaisse couche uniforme, il n'apparaît pas à proprement parler une surface de glissement. Parfois, dans le cas de départ en plaque, celle-ci peut être constituée de deux plans de glissement lorsque les couches superficielles entraînent dans leur mouvement des couches sous-jacentes (fig. 4). La surface de glissement est alors dite en marche d'escalier. Il faut également signaler que l'aire de départ peut être multiple et concerner différents panneaux sans contact dans une même zone d'accumulation.

**Type de neige.** On distingue les départs mobilisant de la neige sèche de la neige humide. Dans certains cas, il est possible que le départ affecte des couches de neiges humide et sèche. Si la nature de la neige permet d'éclaircir les causes du départ (en connaissant par ailleurs les conditions nivo-météorologiques, l'état du manteau neigeux, etc.), sa connaissance ne permet pas *a priori* de déduire le mode d'écoulement ou les caractéristiques mécaniques de l'avalanche.

## G. Critères concernant l'aire d'arrêt

Après la description de l'aire de départ, on donne également les caractéristiques principales du dépôt de neige résultant de l'avalanche. Il s'agit essentiellement de caractériser la surface du dépôt, son extension, la nature de la neige immobilisée et la présence éventuelle d'éléments étrangers.

La forme du dépôt dépend du type d'avalanche, de la neige déposée et de la configuration du terrain. Dans le cas d'un aérosol pur, le dépôt résultant de la neige en suspension s'étend sur une grande surface ; la neige peut également être plaquée contre des obstacles (arbre, mur, etc.). Plus fréquemment, on observe un cône ou culot d'avalanches, avec parfois des géométries plus variées (tas, langues, etc.), qui résulte de l'immobilisation d'une avalanche dense. L'existence d'un dépôt et de signes témoignant d'un effet de souffle (arbres couchés, neige plaquée, etc.) indique une avalanche mixte.

A la surface du dépôt, on peut parfois observer des blocs anguleux ou des boules : on parle de dépôt grossier ; l'eau liquide est souvent responsable de la formation des boules que l'on retrouve dans le dépôt. Dans le cas contraire, lorsqu'aucun bloc n'est visible, on dit que le dépôt est fin. Le dépôt peut être souillé par des éléments étrangers (rocher, arbre, terre, etc.), surtout dans le cas de très grosses avalanches denses, dont la force d'érosion est importante.

## H. Sur des critères génétiques

Il est assez difficile de donner un tableau exhaustif de la cause d'une avalanche, car le départ est souvent le résultat à la fois de circonstances présentes (conditions météorologiques, surcharge, etc.), de l'histoire du manteau neigeux (à travers la stratification qui conditionne en bonne partie la stabilité) et de facteurs permanents (relief, inclinaison, exposition, etc.). La concomitance de paramètres de nature variée ne rend que plus difficile encore la connaissance des mécanismes de départ, même si qualitativement, on sait apprécier l'influence des divers paramètres (pluie, vent, couches fragiles, etc.). Contrairement aux critères morphologiques qui consistent à observer, les critères génétiques nécessitent d'enquêter sur l'état du manteau neigeux (sondage par battage, analyse stratigraphique), des conditions météorologiques (temps avant et au moment du départ) et de l'occurrence de facteurs étrangers (chute de séracs, skieur, etc.). S'ils restent utiles dans la description d'une avalanche, ils sont en revanche difficilement intégrables comme critères de classification.

Il est à signaler pourtant que dans le domaine de la prévision, il est utile de graduer l'activité avalancheuse ; c'est ainsi que dans le bulletin neige & avalanche diffusé par la Météo-France, le prévisionniste distingue avalanches naturelle (dont la cause du départ est inhérente au manteau neigeux) et accidentelle (dont le déclenchement est

dû au passage d'un skieur, d'une chute de corniche, etc.). Il ne s'agit pas là de critères génétiques de classification, mais d'une convention pratique de langage qui permet de graduer le risque auquel se soumet un montagnard en pratiquant la montagne hors des domaines sécurisés.

## VI. CONCLUSION

La classification proposée repose sur la détermination du mode d'écoulement. Celle-ci se fait visuellement par observation directe ou bien par déduction à partir des signes sur le terrain. Le critère d'écoulement est complété par des critères concernant les modes de départ et d'arrêt. En outre, il faut relier l'événement avalancheux au site dans lequel il s'est déroulé. En dernier lieu, quand les renseignements sont disponibles, on indique les causes du départ.

Parfois considérée comme empreinte d'un formalisme désuet ou comme le lieu de vaines arguties, la classification est néanmoins un concept de travail nécessaire qui

assure la rigueur dans le raisonnement et la bonne compréhension entre individus.

Toutefois, il faut reconnaître qu'une classification a un domaine de validité. On ne peut éviter un certain arbitraire, même si l'évolution d'une classification tend justement à réduire l'inobjectivité. En outre, le point de vue développé ici est une compréhension globale du phénomène; basée sur un critère d'écoulement, la classification sert directement donc aussi bien le scientifique que l'expert. Elle est de moindre utilité pour le skieur dont en général seuls les problèmes relatifs au déclenchement semblent importants.

## Remerciements

L'article est une révision de l'article paru dans la *Revue de Géographie Alpine* **84** (1996) 9–21. Nous remercions Walter Good pour l'ensemble de son travail critique, qui a permis d'affiner et de clarifier cet article.

- 
- [1] R. de Quervain, *Avalanche Atlas* (Unesco, Paris, 1981).
  - [2] B. Salm, A. Burkard, and H. Gubler, Tech. Rep. No 47, Eigdenössichen Institut für Schnee- und Lawinenforschung (Davos) (1990).
  - [3] A ce stade, il convient de bien faire la différence entre une nomenclature (qui peut être définie comme une terminologie plus ou moins ordonnée de termes utilisés par certaines catégories d'usagers) et une classification qui prétend offrir une vision d'ensemble organisée. A ce titre, une classification, au sens scientifique du terme, tend à être un objet intrinsèque, c'est-à-dire à donner des règles universelles, indépendantes de l'observateur ou de l'utilisateur. Au contraire, une nomenclature n'a ni le souci de traiter dans l'intégralité une collection de faits ou d'objets, ni la prétention de s'abstraire de l'utilisateur. Ainsi l'ingénieur de l'Équipement peut utiliser une nomenclature des dépôts d'avalanche, mais cette dernière ne considère l'avalanche que comme un effet; elle ne constitue donc pas une classification.
  - [4] Dans cet article apparaissent en filigrane plusieurs problèmes: le premier concerne l'existence d'une classification opérante pour des phénomènes naturels tels que les avalanches. Cette question ne nous semble pas *a priori* décidable et nous nous contenterons ici de postuler son existence. Le second problème, que nous abordons un peu plus, vise à savoir comment construire une telle classification. Un dernier problème est l'utilité d'une classification scientifique face à la commodité des terminologies communément employées par chaque catégorie d'usagers.
  - [5] A noter que de nos jours ce terme a pris un sens radicalement opposé.
  - [6] Il est indéniable que les paysans de Bonneval sur Arc ou de Vallorcine étaient autrement plus préoccupés par les avalanches que ceux du Monêtier.
  - [7] École Nationale du Genie Rural, des Eaux et Forêts.
  - [8] En février 1970, cette avalanche provoqua la mort de 39 personnes.
  - [9] Services de Restauration des Terrains en Montagne.
  - [10] Il existe plusieurs différences notables: une classification des avalanches traite des phénomènes alors qu'une classification botanique ou minéralogique traite des «objets». De même, une classification des espèces animales ou végétales peut être considérée comme pertinente et robuste dans la mesure où sa structure est capable d'intégrer l'évolution (passée ou future) des espèces. Ce facteur temporel n'entre pas en ligne de compte dans le cas d'écoulements naturels tels que les avalanches.
  - [11] Communément, on parle plutôt de zone de départ, mais dans ce texte afin de bien souligner la différence entre zones (d'accumulation, de dépôt) et aires (de départ, d'arrêt), nous ferons bien la distinction entre 'aire' qui renvoie à la description d'une avalanche donnée et 'zone' qui est employée dans une analyse globale du système avalancheux (par exemple pour un zonage).
  - [12] Ce critère pose problèmes pour certaines avalanches de versant (par exemple lorsque la largeur de la cassure est nettement plus grande que la distance totale parcourue).
  - [13] Il est à noter qu'une définition un peu différente est utilisée dans le modèle de Voellmy; le point pris pour origine dans le calcul dépend d'un paramètre de frottement de l'avalanche [2].
  - [14] Il est évident que la détermination des avalanches possibles dans un futur plus ou moins proche est extrêmement délicate. Songeons notamment aux zones boisées sur des pentes fortes qui «masquent» le danger potentiel.
  - [15] Si tant est qu'elle existe, la distinction entre «coulée» et «petite avalanche» n'est pas innocente, entre autres à cause de ses implications juridiques lors d'accidents touchant des skieurs. Nous n'aborderons pas ici ce délicat problème.

TAB. I Classification des avalanches : tableau synoptique des caractéristiques d'une avalanche. D'après [1].

Aire	Critères	Critères distinctifs	
<i>Aire de départ</i>	A. Mode de départ	A1. partant d'un point (départ ponctuel) A2. partant d'une ligne (départ en plaque)	A3. partant d'un point puis cassure linéaire (départ mixte) A4. partant d'une cassure en forme de crevasse B3. cassure dans la vieille neige B4. jusqu'au sol
	B. Position du plan de glissement	B1. à l'intérieur du manteau neigeux B2. cassure dans la neige fraîche	
	C. Eau liquide dans la neige	C1. absente	C2. présente
<i>Aire d'écoulement</i>	D. Tracé du parcours	D1. parcours sur une pente ouverte (avalanche de versant)	D1. parcours dans un couloir ou une gorge (avalanche de couloir)
	E. Type de mouvement	E1. nuage de neige (avalanche en aérosol) E2. coulant le long du sol (avalanche coulante)	E3. critères E1 et E2 simultanément (avalanche mixte)
	F. Position de la surface de glissement	F1. écoulement sur un manteau neige (avalanche superficielle)	F2. écoulement sur le sol (avalanche de fond)
<i>Aire d'arrêt</i>	G. Rugosité de la surface du dépôt	G1. grossière (dépôt grossier) G2 blocs anguleux	G3. boules arrondies G4. fine (dépôt fin)
	H. Eau liquide	H1. absente (dépôt sec)	H2. présente (dépôt humide)
	I. Souillure du dépôt	I1. pas d'autres matériaux visibles (dépôt propre) I2. souillure visible (dépôt souillé)	I3. rochers, cailloux, sols I4. branches, arbres I5. débris d'ouvrages

- [16] Il faut prendre garde de ne pas appeler cela des ondes de choc comme on le voit quelquefois, ce terme étant réservé à des écoulements supersoniques.
- [17] Le terme d'avalanche coulante (proposée dans l'atlas des avalanches de l'Unesco) n'est pas très utilisé en France, mais dans la pratique il nous semble plus adéquat et plus clair que le terme 'avalanche dense'.

#### Références complémentaires

- Allix A., « Les avalanches » *Revue de Géographie Alpine* **13** (1925) 359–419.
- Bernard C., « Les avalanches. Cours de restauration des terrains en montagne » (Nancy, cours de l'ENGREF, 1927).
- Campagne M., « Les Travaux de défense contre les avalanches dans la vallée de Barèges » (Ministère de l'Agriculture, Imprimerie Nationale, 1900).
- Cogoluenhes P., « Rapport 282/PC/MM du 16/06/1983 sur l'avalanche des Favrandes du 16 mai 1983 » (Direction Départementale de l'Agriculture, département de la Savoie, Services RTM, 1983).

De Crécy L., « L'ANENA a vingt ans » *Neige et Avalanches* **56** (1991) 12–15 .

De Quervain R. (éd.), « Avalanche Atlas » (Commission Internationale sur la Neige et la Glace, Unesco, 1981).

Foucault M., « Les mots et les choses » (Paris, Gallimard, 1981).

Gardelle C. et F., « Vallorcine, histoire d'une vallée entre Aoste, Mont-Blanc et Valais » (Lyon, Textel, 1988).

Jacob F., « La logique du vivant, une histoire de l'hérédité » (Paris, Gallimard, 1970).

Kurz M., « Alpinisme hivernal » (Paris, Payot, 1925).

Lagotata H., « Étude de l'avalanche des Pélerins (Chamonix) » (Genève, Société Générale d'Imprimerie, 1927).

Lunn A., « Le ski en hiver, au printemps, sur les glaciers » [Traduction française] (Chambéry, Dardel, 1924).

Pahaut E., « Échelle européenne, guide d'utilisation » *Neige et Avalanches* **63** (1993) 2–8.

Rey C., « La prévision du risque et les plaques » *Neige et Avalanches* **62** (1993) 24–27.