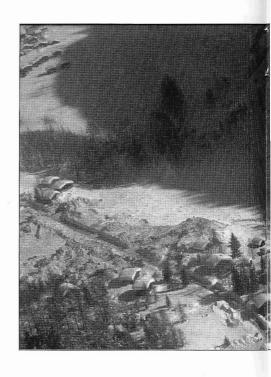
L'avalanche de Péclere

En février 1999, l'activité avalancheuse dans les Alpes du Nord a connu une très grande ampleur. En l'espace de trois semaines, plusieurs dépressions frappent les Alpes, de la France à l'Autriche. Les auteurs de cet article relatent ce qui s'est passé le 9 février 1999 lorsque l'avalanche descendue de la montagne du Péclerey toucha le hameau de Montroc.



n février 1999, l'activité avalancheuse dans les Alpes du Nord a connu une très grande ampleur et marquera la mémoire comme l'une des plus meurtrières depuis cinquante ans. Le 9 février, une avalanche tue 12 personnes dans des chalets à Montroc (France, Haute-Savoie, commune de Chamonix-Mont-Blanc); dans la même période, les vallées de Haute-Savoie, de Savoie et du Piémont (Italie) connaissent une activité avalancheuse très importante, puisque plusieurs avalanches atteignent les fonds de vallée, dépassant à plusieurs reprises les emprises historiques connues. Pour retrouver dans l'histoire récente une activité avalancheuse aussi meurtrière et couvrant une telle

zone géographique, il faut remonter aux hivers 1970 (39 personnes tuées dans un chalet à Val-d'Isère), 1954 (143 personnes emportées en Autriche), 1951 (76 personnes tuées dans leurs habitations en Suisse). À l'échelle de la France, la crue avalancheuse du début février 1999 est comparable à celles de janvier 1981 et de février 1978, mais elle n'atteint pas l'ampleur et l'extension de la crue de février 1970 ou bien plus en arrière, des terribles hivers 1914 et 1923. L'objectif de cet article est de relater ce qui s'est passé le 9 février 1999 lorsque l'avalanche descendue de la montagne de Péclerey toucha le hameau de Montroc. Cette catastrophe amène également à se poser des questions quant aux outils actuels de prévision et de prévention des avalanches.

Le contexte géographique

Montroc est un hameau de la commune de Chamonix-Mont-Blanc, situé au fond de la vallée de l'Arve, à une altitude moyenne de 1.350 m, juste avant le village du Tour (1.450 m). La pente le long de laquelle s'est écoulée l'avalanche du 9 février 1999 est le versant Nord-Ouest sous la ligne de crête allant du Bec du Lachat (2.447 m) au Bec de la Cluy (2334 m). La pente moyenne du site est de 51 % (27°), ce qui n'est pas une valeur très forte pour un site avalancheux. Le profil en long du terrain naturel reporté sur la figure 1 met en évi-

y du 9 février 1999



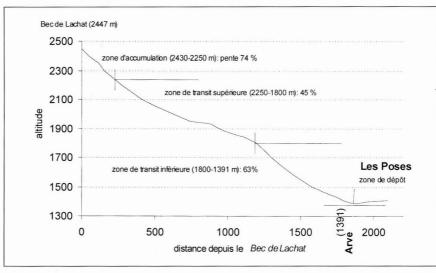
Photo: François RA

valeur moyenne sur 700 m de distance est de 36 % (20°). En général, une avalanche partie de la zone d'accumulation doit avoir du mal à franchir cette zone compte tenu des pentes peu soutenues et du relief moutonné;

- la zone de transit inférieure prend naissance sous la rupture de pente brutale (augmentation d'environ 20° de la pente) vers la cote 1.800 m. Le profil du terrain est grossièrement de forme parabolique, avec une pente diminuant régulièrement de 100 à 27 % (45 à 15°). Le terrain est occupé par une forêt peu dense (mélèzes), rayée de couloirs principalement colonisés par une végétation arbustive (aulnes nains). Ces couloirs dans la forêt sont les traces d'avalanches passées parties du Bec du Lachat ou bien résultent de coulées et d'avalanches qui freinent la reprise de la forêt;
- ▶ Il n'y a pas à proprement parler de zone de dépôt sur l'ubac, c'est-à-dire en rive gauche de l'Arve. La zone de dépôt est donc située en rive droite de l'Arve. Pour l'avalanche considérée, elle a une pente négative, car celle-ci est obligée de remonter la rive droite. La pente est douce : de -5 à -10 % (de -3 à -6°). C'est au niveau du lieu-dit les Poses qu'ont été••••

dence quatre sections jouant un rôle dans le fonctionnement avalancheux du site :

- ▶ la zone d'accumulation est située dans la vaste conque concave sous la ligne de crête. La pente moyenne est de 74 % (36°). La zone d'accumulation couvre environ une dizaine d'hectares ; en termes de potentialité de départ d'avalanche, il s'agit d'une valeur plutôt moyenne ;
- la zone de transit supérieure est constituée par un vaste plan incliné entre 2.250 et 1.800 m, désigné sous le nom de montagne de Péclerey (ancien alpage). Il s'agit d'une zone très large sur un sol moutonné (glacier rocheux) couvert de pelouses alpines et d'éboulis grossiers. La pente ne dépasse pas 53 % (28°) et sa



▲ Figure 1. Coupe du site



Si les chutes de neige sur le massif du Mont-Blanc ne sont pas exceptionnelles en termes de cumul de neige, elles sont quand même associées à une caractéristique remarquable : elles ont été régulièrement soutenues et accompagnées de températures relativement froides.

construits plusieurs chalets du hameau de Montroc; le hameau des Poses est traversé par la route reliant le Tour à Chamonix.

Les conditions nivo-météorologiques précédant l'avalanche

L'hiver 1998-99 commence avec de maigres chutes de neige sur les Alpes du Nord. Il faut attendre la fin de janvier pour voir les premières chutes de neige significatives. Du 26 au 30 janvier, il tombe ainsi 150 cm de neige au Tour. Après un temps froid et venté, un puissant flux de Nord-Ouest touche les Alpes à partir du 5 février, entraînant de grosses chutes de neige sur les Préalpes et les Alpes du Nord. Du 5 au 10, il tombe 225 cm au Tour et 140 cm à Chamonix distant d'une dizaine de kilomètres du Tour. La période de retour du cumul de neige sur Chamonix (1.050 m) du 5 au 10 février est estimée autour de 40 ans. Sur le Tour (1.450 m) et probablement Montroc, elle n'est que de cinq ans. En revanche, si on analyse les chutes en termes de leur valeur en eau, la période de retour est inférieure à cinq ans, ce qui tend à prouver que, dans l'ensemble, l'écart trouvé dans l'estimation des périodes de retour d'un site à l'autre est principalement dû aux températures très froides accompagnant la dépression. Si les chutes de neige sur le massif du Mont-Blanc ne sont pas exceptionnelles

en termes de cumul de neige, elles sont quand même associées à une caractéristique remarquable : elles ont été régulièrement soutenues et accompagnées de températures relativement froides. Ainsi on observe que, sur le Tour, l'intensité de la chute de neige sur un jour n'arrive qu'en troisième position des intensités maximales journalières mesurées. En revanche, dès que l'on calcule l'intensité moyenne sur trois jours ou plus, on note qu'elle reste à un niveau élevé. En général, l'intensité moyenne sur plusieurs jours est significativement plus faible que l'intensité journalière maximale. Comme l'intensité des chutes de neige joue directement sur la stratification du manteau neigeux et indirectement sur ses métamorphoses, ce caractère particulier a vraisemblablement été un facteur propice à l'activité avalancheuse (outre les températures très froides favorisant une neige légère et sèche jusqu'à des altitudes assez basses). Compte tenu du contexte, il n'a pas été possible de procéder à un sondage du manteau neigeux au droit de la cassure sous le Bec de Lachat, mais l'analyse combinée des simulations numériques sur Crocus et des sondages réalisés dans la vallée de Chamonix a montré:

- une grande quantité, plus de 1,5 m d'épaisseur en tenant compte des chutes de neige de la matinée du 9 février, de neige récente froide et de faible cohésion, en cours de tassement (masse volumique voisine 110 kg/m³) sous son propre poids et sous l'effet du radoucissement intervenu dans la matinée du 9;
- une couche fragile probablement présente à la base de cette neige récente malgré les forts vents qui ont précédé l'épisode du 5 au 10 février;
- des couches profondes constituées en grande partie de faces planes ou gobelets.

Météo-France juge la situation comme très critique et émet dès le samedi 6 un bulletin d'alerte pré-

Cumul de neige fraîche (cm)	Dates	Durée de l'épisode (j)
205	25 fév 4 mars 89	8
212	23-28 mars 88	6
220	11-17 janv. 86	7
223	16-23 déc. 86	8
225	6-11 fév. 99	5
238	5-13 fév. 88	9

[▲] Récapitulatif des chutes de neige sur Le Tour depuis 1986 ayant dépassé 200 cm de cumul.

venant que des avalanches « pourront prendre une extension importante et éventuellement menacer des voies de communication ou diverses infrastructures parfois même dans des secteurs d'assez basse altitude ». Le risque a été annoncé comme très fort dès l'après-midi du 5 (5/5) et jusqu'au mercredi 10 février (où il repassa à 4/5). La situation avalancheuse devint rapidement critique dès le dimanche 7. Elle atteint son paroxysme le mardi 9 février. Ce sont ainsi 14 avalanches majeures qui ont touché la vallée de Chamonix. Sur ces 14 avalanches, 6 eurent des emprises supérieures à celles connues (telles que reportées sur la carte de localisation probable des avalanches de Chamonix dans son édition de 1991). L'avalanche de Montroc eut lieu durant cette journée, vers 14h40.

Descriptif de l'avalanche de Péclerey du 9 fevrier 1999

Pour arriver à une reconstitution la plus cohérente possible de l'avalanche du 9 février 1999 sur Montroc, nous avons recoupé toutes les sources d'information à notre disposition, à savoir les observations de terrain, les témoignages, des résultats de modèles numériques. Comme toute reconstitution, il reste toujours une part de subjectivité qui n'a pas été entièrement levée malgré la relativement grande quantité d'informations à notre disposition dans le cas présent. La nature des phénomènes impliqués, leur chronologie et l'évaluation des grandeurs caractéristiques l'avalanche restent des points qui peuvent être encore discutés, même si, au sein de nos équipes, il y a eu convergence d'opinions dans la reconstitution présentée ici.

Vers 14h40, la majeure partie de la zone d'accumulation décroche naturellement, vraisemblablement sous l'effet de son propre poids. La cassure est haute de 1 à 2 m et s'étend sur une largeur d'à peu près



La situation avalancheuse devint rapidement critique dès le dimanche 7. Ce sont ainsi 14 avalanches majeures qui ont touché la vallée de Chamonix.

250 m. L'avalanche mobilise quasiment toute la neige récente, soit environ 90.000 m3. L'avalanche acquiert rapidement une vitesse importante (25 m/s), puis s'essouffle un peu à cause du relief et de la pente peu soutenue dans la partie supérieure de la zone de transit. Toutefois, elle parvient à franchir cette zone tout en s'étalant assez largement (400 m de largeur) et en reprenant encore de la neige au sol (de l'ordre de 60.000 m3). L'écoulement est sous forme d'une nappe de neige sans cohésion de 2 à 4 m d'épaisseur, surmontée d'un petit panache sans rôle dynamique particulier. Au niveau de la rupture de pente, l'avalanche subit plusieurs transformations : séparation en deux branches (l'une en direction du Tour, l'autre en direction de Montroc), forte incorporation d'air, ce qui génère un aérosol, et une accélération notable de tous les flux en mouvement, ce qui limite l'élargissement des deux branches et maintient une concentration assez forte, reprise importante de la neige en place. La vitesse atteint alors 40±10 m/s. La partie dense de l'avalanche est haute de 2 à 5 m. sur une largeur d'environ 150 m. À l'arrivée sur l'Arve, l'avalanche s'élargit nettement (de l'ordre de

200 m) sous l'effet de la réduction de pente mais garde une vitesse encore importante (supérieure à 25 m/s). Le corps dense de l'avalanche remonte facilement les premiers mètres (en dénivellation) de l'adret. Il est précédé de quelques secondes par la partie en aérosol, qui n'a vraisemblablement aucun rôle destructeur sur les habitations et est ressentie comme un effet de souffle par les riverains. En revanche, le corps dense de l'avalanche a une force et une inertie bien supérieures. Haut d'environ 3 m, il exerce une pression supérieure à 50 kPa sur les rez-dechaussée des premiers chalets rencontrés (majoritairement en bois), qui sont littéralement laminés. Au fur et à mesure de la remontée sur l'adret, l'avalanche perd de sa vigueur, notamment à l'amont de la route. Le dépôt a 250 m de long, 150 m de large, et environ 4 mètres d'épaisseur en moyenne. Cela conduit à un volume voisin de 150.000 m3 avec une masse volumique moyenne de 250 kg/m³. En tout, ce sont vingt chalets, qui sont concernés : 14 sont détruits et 6 sont endommagés (avec des dégâts matériels plus ou moins importants). 12 personnes seront retrouvées décédées.

Commentaires et conclusions

L'avalanche du 9 février 1999 partant du Bec de Lachat est un phénomène complexe et peu ordinaire par ses caractéristiques. Il faut se garder de vouloir la réduire à un type bien précis d'avalanche. Il s'est vraisemblablement agi d'une avalanche très rapide (plusieurs dizaines de mètres par seconde), de neige sèche et très fluide, en

moyenne pas très dense (moins de 200 kg/m3) avec un centre de gravité proche du sol, et une hauteur d'écoulement avec ce niveau densité assez moyenne (moins de 5 m), surmontée par un aérosol qui n'a vraisemblablement pas causé de dégâts significatifs. Elle s'est caractérisée par la brutalité de son impact avec les bâti-

ments et une distance d'arrêt peu commune en regard de phénomènes comparables connus. Plusieurs facteurs ont contribué à l'ampleur de cette avalanche. Tout d'abord, les chutes de neige accompagnées de températures très froides ont permis l'établissement d'une importante couche de neige sèche facilement mobilisable par l'avalanche. La présence de neige sans cohésion sur toute l'épaisseur du manteau neigeux (quasi absence de pluie depuis le début de saison) a pu encore favoriser la reprise de neige en place par l'avalanche dans les parties raides du site. Enfin, la configuration du site, avec cette rupture de pente marquée vers 1.800 m, a donné une nouvelle impulsion à l'avalanche et a généré un aérosol.

La période de retour des chutes de neige (au Tour, à 1.470 m) en termes de cumul du début février 1999 est de l'ordre de cinq ans. Durant ces vingt dernières années, plusieurs chutes de neige



▲ Zone d'arrêt de l'avalanche.

Ce qui est
remarquable, c'est
le fossé entre
la période de retour
des précipitations et
le caractère
exceptionnel des
dégâts occasionnés
par l'avalanche
du 9 février 1999.

ont eu des caractéristiques similaires ou supérieures à celle de 1999. Citons pour les Alpes du Nord janvier 1981, janvier 1986, février 1988, mars 1989, février 1990. Ce qui est remarquable, c'est le fossé entre la période de retour des précipitations et le caractère exceptionnel des dégâts occasionnés par l'avalanche du 9 février 1999. En l'état actuel des connaissances, il est difficile d'indiquer avec finesse la période de retour de

> l'avalanche. d'abord parce que l'information historique manque, qu'elle est lacunaire, et qu'elle n'est pas sûre. Ainsi, si plusieurs sources mentionnent des avalanches dans le couloir de Péclerey, il ne nous a pas été possible de les recouper. Si on accorde foi à tous ces témoignages, l'événement du 9 février

1999 est au moins de fréquence pluri-décennale en termes d'occurrence. En s'appuyant sur des modèles de simulation statistique des avalanches, nous sommes arrivés à des périodes de retour comprises entre 150 et 300 ans selon la variable choisie pour faire la statistique (énergie, puissance d'impact, cote atteinte, etc.). Ces investigations sur l'estimation sur la période de retour montrent que localement, une situation avalancheuse catastrophique (mettons centennale) peut potentiellement se produire plusieurs fois par siècle si l'on ne considère que le cumul de neige fraîche comme principal ingrédient du déclenchement d'avalanche. Cela est cohérent avec la fréquence d'occurrence d'avalanches touchant des habitations dans les Alpes françaises, qui est de quelques années (dans l'histoire récente: 1970, 1978, 1981, 1988, 1990, 1995).

Montroc est typique des catastrophes d'avalanche survenues ces

dernières années. Tout d'abord du point de vue météorologique, le scénario est le plus souvent le même : succession de dépressions océaniques rapides dans un flux général de Nord-Ouest à Ouest. Le risque d'avalanche est aggravé de manière significative lorsque le manteau neigeux est composé de couches fragiles sur toute la hauteur. Ce scénario est bien connu et les services départementaux de Météo-France ont correctement prédit le niveau de risque induit par le passage perturbé de février 1999. En termes de dégâts aux habitations, on notera que les dernières catastrophes ont principalement touché des secteurs à l'activité avalancheuse faible voire réputée inexistante (Saint-Etienne-de-Cuines, La Morte en janvier 1981). Cela pose naturellement la question de savoir si nous sommes en mesure d'éviter pareilles catastrophes dans le futur. La réponse est en demi-teinte. En l'état actuel de la procédure, la réponse serait plutôt négative. En effet, dans l'esprit des plans de zonage actuels (plan de prévention des risques), est retenue principalement l'idée de se prémunir contre des risques avérés, dont on a une trace historique. Evidemment, en caricaturant, une telle logique conduit à l'implication : pas d'événement historique connu donc pas de danger. D'autres procédures sont sans doute envisageables, par exemple en couplant analyse rétrospective (l'histoire du site) et prospective (le danger potentiel sur le site). On peut ainsi imaginer que l'utilisation de règles simples dans des systèmes d'information géographique permettrait l'analyse spatiale rapide et automatique. Ce faisant, on aurait aussi quelques surprises d'une part car il y aurait une extension significative des zones potentiellement avalancheuses, d'autre part car cette extension pourrait concerner des secteurs sans avalanche observée depuis des siècles. Cela pourrait prêter à sourire, mais souvenons-nous: il y a vingt ans, qui aurait prédit que sur la commune de Saint-Etienne-de-Cuines, un hameau situé à 800 m d'altitude, protégé par une épaisse forêt sur 1.000 m de dénivelée, puisse être touché par une avalanche? L'analyse spatiale du risque doit donc nécessairement être couplée à une analyse fréquentielle de l'aléa: sur un secteur potentiellement avalancheux, quelle est la fréquence d'occurrence d'un événement? Un tel problème n'a pas encore reçu de réponse à notre connaissance.

Un autre aspect soulevé par l'avalanche de Péclerey concerne le zonage. Un grand bruit, dans la presse notamment, a été fait sur le fait que des chalets situés en zone blanche ont été détruits. Implicitement en France, dans le grand public mais aussi chez beaucoup de responsables et techniciens, la zone blanche est synonyme de zone sans risque. Ce raccourci est dangereux car il induit d'une part que le risque nul existe et d'autre part, l'appréciation du risque nul étant pour le moins subjective, tout le poids de la décision échoit au technicien en charge du zonage. Sa responsabilité pourrait être alors vue comme écrasante en cas d'accident, car il aurait commis une erreur, voire une faute. Dans ce cas, à terme, quelle autre option pourra-t-il rester aux personnes réalisant un zonage si ce n'est de diminuer très significativement les limites des zones blanches sans base objective autre qu'un légitime soin à s'éviter d'éventuels ennuis judiciaires ? La procédure actuelle de zonage fondée sur l'appréciation des événements historiques est de plus injuste dans son principe. On note ainsi des différences significatives d'extension du zonage sur un secteur selon qu'il est aménagé depuis une longue période ou non. Cela conduit nécessairement à des perspectives de développement qui peuvent parfois être très différentes d'une commune à une autre. Il paraît donc largement préférable de définir la zone blanche sur des bases plus objectives, notamment en s'aidant d'une analyse couplée

spatiale et temporelle comme nous l'avons évoqué plus haut. Par exemple, en Suisse, la zone blanche est définie comme la zone hors de l'extension des avalanches tri-centennales.

Enfin, une confusion largement présente dans la tête de nos concitoyens concerne la prévision d'une avalanche. Dans une grande majorité de cas, les services de Météo-France sont capables de prévoir la mise en place d'une activité avalancheuse et d'en préciser les caractéristiques générales. Il n'est en revanche pas possible actuellement de prédire quel site sera touché en particulier. Dans le cas présent, si la crue avalancheuse dans la vallée de Chamonix était prévisible, l'avalanche de Péclerey ne l'était pas.

Christophe ANCEY¹, François RAPIN¹,
Eric MARTIN², Cécile COLEOU²,
Mohamed NAAIM¹, Gilles BRUNOT³

1. Cemagref
2. Centre d'études de la neige,
Météo-France
3. Centre départemental de Météorologie Chamonix

REMERCIEMENTS

Cet article est tiré du travail d'expertise qui a été confié au Cemagref et à Météo-France par la préfecture de Haute-Savoie à la suite de la catastrophe de Montroc. Ce travail a bénéficié de l'aide de plusieurs organismes et personnes. Les auteurs tiennent plus particulièrement à remercier pour leur précieuse aide : la mairie de Chamonix-Mont-Blanc, le peloton de Gendarmerie de Haute Montagne de Chamonix, l'association des Amis du Vieux Chamonix, le fond Payot des Archives départementales de la Haute-Savoie, René Arpin, Charles Gardelle, Peter Borggaard, René Ducroz, Claude Charlier, Anne-Marie Granet Abysset, Maurice Meunier, Florence Guirado, Sébastien Escande, Dominique Strazzeri, François Lacroix, Laurent Bélanger, et Philippe Revol.