

L'AVALANCHE DU BOURGEAT SURVENUE LE 9 JANVIER 2018

Thierry Faug, chercheur-ingénieur en nivologie, Université Grenoble Alpes, Irstea - UR ETNA¹ centre de Grenoble.

Florence Naaim-Bouvet, chercheuse-ingénieure en nivologie, Université Grenoble Alpes, Irstea - UR ETNA, centre de Grenoble (directrice de l'unité de recherche).

Mylène Bonnefoy, ingénieure en cartographie des risques naturels, Université Grenoble Alpes, Irstea - UR ETNA, centre de Grenoble.

Emmanuel Thibert, chercheur-ingénieur en nivologie, Université Grenoble Alpes, Irstea - UR ETNA, centre de Grenoble.

Nicolas Eckert, chercheur-ingénieur en nivologie, Université Grenoble Alpes, Irstea - UR ETNA, centre de Grenoble.

Le 9 janvier 2018, autour de 7 h 15, une avalanche d'ampleur significative descend le couloir du Bourgeat. L'écoulement de neige poudreuse, également appelé aérosol, détruit la forêt sur une largeur très importante et franchit le paravalanche du Bourgeat. Une quarantaine de chalets en aval de la digue terminale du paravalanche sont recouverts de neige par l'aérosol, et de nombreux arbres sont détruits et transportés par l'aérosol, ce qui cause les principaux dégâts qui restent fort heureusement uniquement matériels. Lors de sa propagation dans le couloir, l'écoulement dense, de neige froide au départ, se transforme en un écoulement plus lent, de neige humide, et interagit de manière complexe avec le paravalanche qui, in fine, contient bien la masse de

neige lourde. Cet article propose une brève analyse qualitative des différentes hypothèses concernant les conditions de déclenchement, de propagation de l'aérosol et des écoulements denses et de leur interaction avec le paravalanche. Il dresse également une liste de questions qui peuvent se poser suite à cet événement.

LES CONDITIONS DE DÉCLENCHEMENT DE L'AVALANCHE DU 9 JANVIER 2018.

Les conditions météorologiques, durant les deux jours qui ont précédé l'avalanche, étaient celles d'un retour d'est marqué qui est remonté très au nord des Alpes françaises jusqu'à atteindre la vallée de Chamonix². Une telle situation est plutôt inhabituelle pour ce secteur, car les épisodes pluvioneigeux significatifs pouvant

produire des avalanches d'ampleur dans le massif du Mont-Blanc sont généralement amenés par des régimes de nord-ouest et ont tendance à charger les zones de départ en rive gauche au niveau de l'ancien glacier du Bourgeat sous l'aiguille du Goûter (notamment la zone 3 sur la fig. 1). Au moment de l'avalanche, ces zones étaient bien chargées, mais ne se sont pas déclenchées. Au contraire, les vents de sud-est en altitude ont contribué à charger la rive droite du cirque de départ, sous l'arête du Gros Bécharde, descendant vers le nord-est depuis l'aiguille du Goûter (zones 1 et 2 sur la fig. 1). Plusieurs grosses cassures indiquant des départs en plaques ont été constatées en rive droite de cette zone lors de visites de terrain après l'avalanche du 9 janvier 2018. Des accumulations importantes par le vent issu de ce retour d'est

¹ Unité de recherche Érosion torrentielle neige et avalanches

² D'après les éléments recueillis auprès des experts de Météo-France

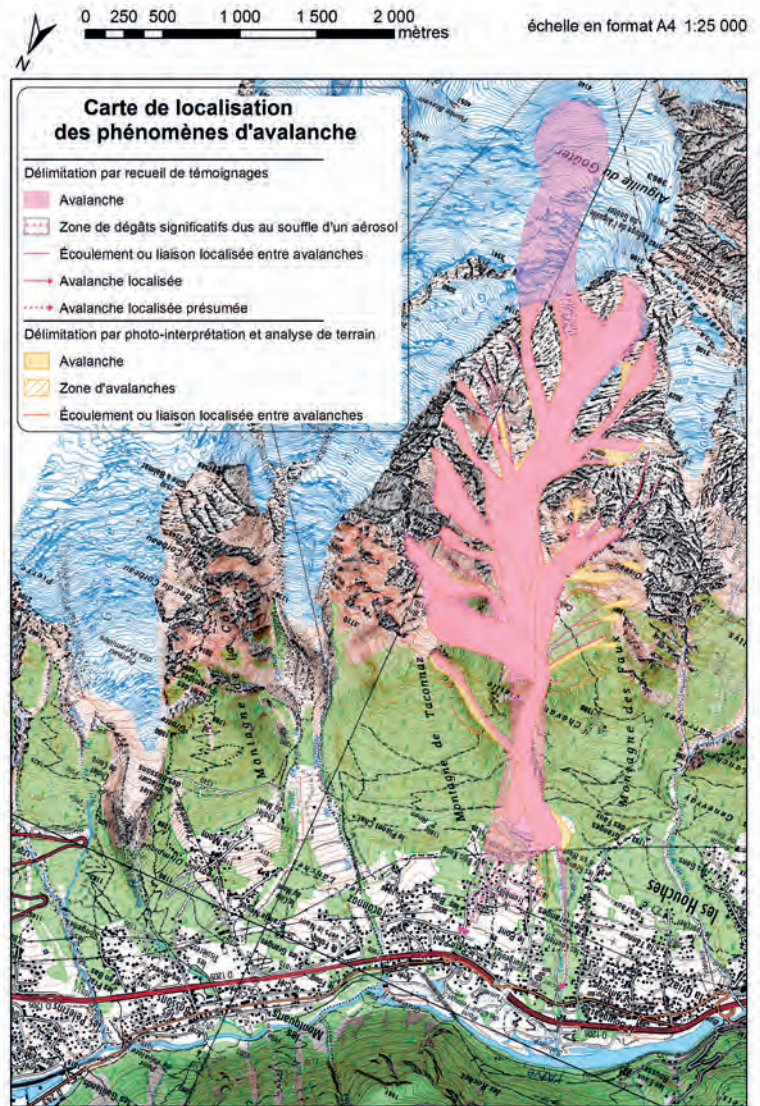


Figure 1 : vue générale du couloir d'avalanche du Bourgeat avec les principales zones de départ (photographie à gauche, ©Google Earth), le paravalanche et les enjeux en aval du paravalanche. Emprises CLPA (édition 2004 avant révision suite à l'événement du 9 janvier 2018) du couloir du Bourgeat sur fond topographique IGN, montrant en particulier le fonctionnement de la liaison entre le couloir de Taconnaz et celui du Bourgeat (image à droite).

ont également pu concerner les zones de départ du couloir de Taconnaz sous le dôme du Goûter. C'est un point important en cas de fonctionnement de la liaison entre le couloir de Taconnaz et celui du Bourgeat, comme cela est identifié sur la CLPA³ proposée par Irstea (cf. fig. 1). La question d'un déclenchement initial de l'avalanche au-dessus de la crête descendant de l'aiguille du Goûter a été très vite posée. Cette hypothèse semble être confirmée par la présence d'une trace d'érosion importante qui était visible sous la crête séparant les versants Taconnaz/le Bourgeat après le passage de l'avalanche. La zone dénudée de neige, de dimension significative en largeur, suggère le passage d'un

écoulement mixte avec un aérosol⁴ déjà bien développé au niveau du col du Béchar. Venant d'un point de départ supérieur dans le couloir de Taconnaz, cet écoulement a ainsi érodé efficacement cette zone dans le cirque du Bourgeat et a pu déclencher les autres plaques en rive droite. La question de savoir si c'est une (ou des) plaque(s) de neige sous le dôme du Goûter ou une chute de séracs (dans ce secteur bien connu pour être très actif⁵) qui sont à l'origine du déclenchement reste cependant difficile à trancher. Il n'est d'ailleurs pas exclu que les deux phénomènes aient pu être combinés.

« La question de savoir si c'est une (ou des) plaque(s) de neige sous le dôme du Goûter ou une chute de séracs (dans ce secteur bien connu pour être très actif) qui sont à l'origine du déclenchement reste cependant difficile à trancher. Il n'est d'ailleurs pas exclu que les deux phénomènes aient pu être combinés. »

³ Carte de localisation des phénomènes d'avalanche : <http://www.avalanches.fr/clpa-presentation/>

⁴ Un aérosol de neige est un écoulement turbulent formé de particules de glace en suspension dans l'air pouvant atteindre une centaine de mètres en hauteur et des vitesses avoisinant les 300 km/h.

⁵ Le glacier de Taconnaz est très actif avec de nombreuses chutes de sérac pouvant être à l'origine du déclenchement des avalanches dans le couloir de Taconnaz, mais aussi dans le couloir du Bourgeat



©Mairie Les Houches



Figure 2 : exemples de dégâts causés par l'aérosol sur la forêt, sur les rives droite et gauche en amont du paravalanche (photographie du haut) et au niveau des habitations en aval du paravalanche (photographie du bas). Les flèches en rouge indiquent les directions principales de l'aérosol. ©Mairie Les Houches

LA PROPAGATION DE L'AVALANCHE ET SON INTERACTION AVEC LE PARAVALANCHE.

Durant l'épisode neigeux et le flux associé à la tempête de foehn, la limite pluie-neige a oscillé et est remontée à des altitudes assez élevées, en particulier pour la saison, de l'ordre de 2000 m en moyenne. Cela a contribué à réchauffer et humidifier le manteau neigeux dans le cirque du Bourgeat. L'écoulement mixte (aérosol et écoulement dense⁶ à la base) de neige sèche s'est donc écoulé sur un manteau de neige plus humide aux altitudes plus basses. L'aérosol, de grande ampleur, s'est propagé avec une forte puissance, a largement

endommagé la forêt (notamment, en rive droite du couloir, mais aussi sur sa rive gauche) et a aisément franchi la digue frontale du paravalanche du Bourgeat (fig. 2). Il a recouvert une quarantaine de chalets, endommagé les façades, les toitures et les cheminées, et causé des dégâts matériels très bas dans la vallée. Certaines des limites connues et reportées sur la CLPA ont été dépassées⁷. Plusieurs dégâts ont été causés par des effets indirects, en particulier les impacts dus aux arbres détruits et transportés par l'écoulement aérosol.

L'écoulement dense de neige froide⁸ (sèche) à la base de l'aérosol a

subi une transition au cours de sa propagation vers un écoulement de neige chaude⁹ (proche du point de fusion ou au point de fusion et contenant de l'eau liquide) conduisant à la formation d'un écoulement très complexe constitué de neige essentiellement granulaire (fig. 3), mais également compacte et cohésive par endroits¹⁰. L'observation détaillée du dépôt laissé par l'avalanche dense a montré la présence de plusieurs trajectoires d'écoulements distinctes, probablement espacées dans le temps, avec une neige de granulométrie variable et plus ou moins souillée par les végétaux transportés et les sols érodés en fonction de la trajectoire suivie. Cet écoulement dense de neige lourde a été bien confiné dans le paravalanche, si ce n'est quelques légers débordements sur la face aval de la digue terminale (fig. 3). Ces débordements ont été causés par la propagation d'une importante branche de l'avalanche qui a suivi la courbure de la digue terminale depuis sa rive droite vers le centre du dispositif en formant un dépôt de neige de hauteur supérieure à celle de la digue terminale (fig. 3). Une fois que le dépôt¹¹ aura totalement fondu, il faudra analyser l'état des différents ouvrages paravalanches, non visibles lors des visites après l'événement et encore bien enfouis au printemps.

« L'aérosol, de grande ampleur, s'est propagé avec une forte puissance, a largement endommagé la forêt et a aisément franchi la digue frontale du paravalanche du Bourgeat. Certaines des limites connues et reportées sur la CLPA ont été dépassées »

⁶ Un écoulement dense de neige est caractérisé par une masse volumique bien plus élevée que l'aérosol. Il peut prendre des formes très variées en fonction des conditions mises en jeu : neige froide et sèche à la base de l'aérosol, neige granulaire humide, neige pâteuse, etc.

⁷ La CLPA présentée sur la fig. 1 correspond à l'édition avant l'événement du 9 janvier 2018. L'aérosol du 9 janvier 2018 a eu des effets plus vers l'aval et en rive gauche par rapport aux précédents événements connus.

⁸ La neige sèche, dans l'écoulement dense, est granulaire et est typiquement présente à des températures inférieures à -1 °C avec des tailles de grains réduites, comme l'ont récemment montré des chercheurs en Suisse.

⁹ La neige, dans l'écoulement dense, devient chaude (au-dessus de -1 °C) et est capable de former des agrégats de neige de très grande taille. Une fois au point de fusion, si la teneur en eau liquide passe un certain seuil, le caractère granulaire de la neige s'estompe au profit d'une neige plus compacte et cohésive.

¹⁰ La variété des écoulements de neige et les différents régimes d'écoulements associés font aujourd'hui l'objet d'importants travaux de recherche.

¹¹ Le volume de dépôt de l'avalanche dense, dans le paravalanche, est à ce stade approximativement estimé dans la fourchette 150 000 - 200 000 m³ (ce chiffre, en cours d'analyse par le service RTM, sera affiné à partir de mesures réalisées à l'aide d'un drone par un bureau d'étude privé).

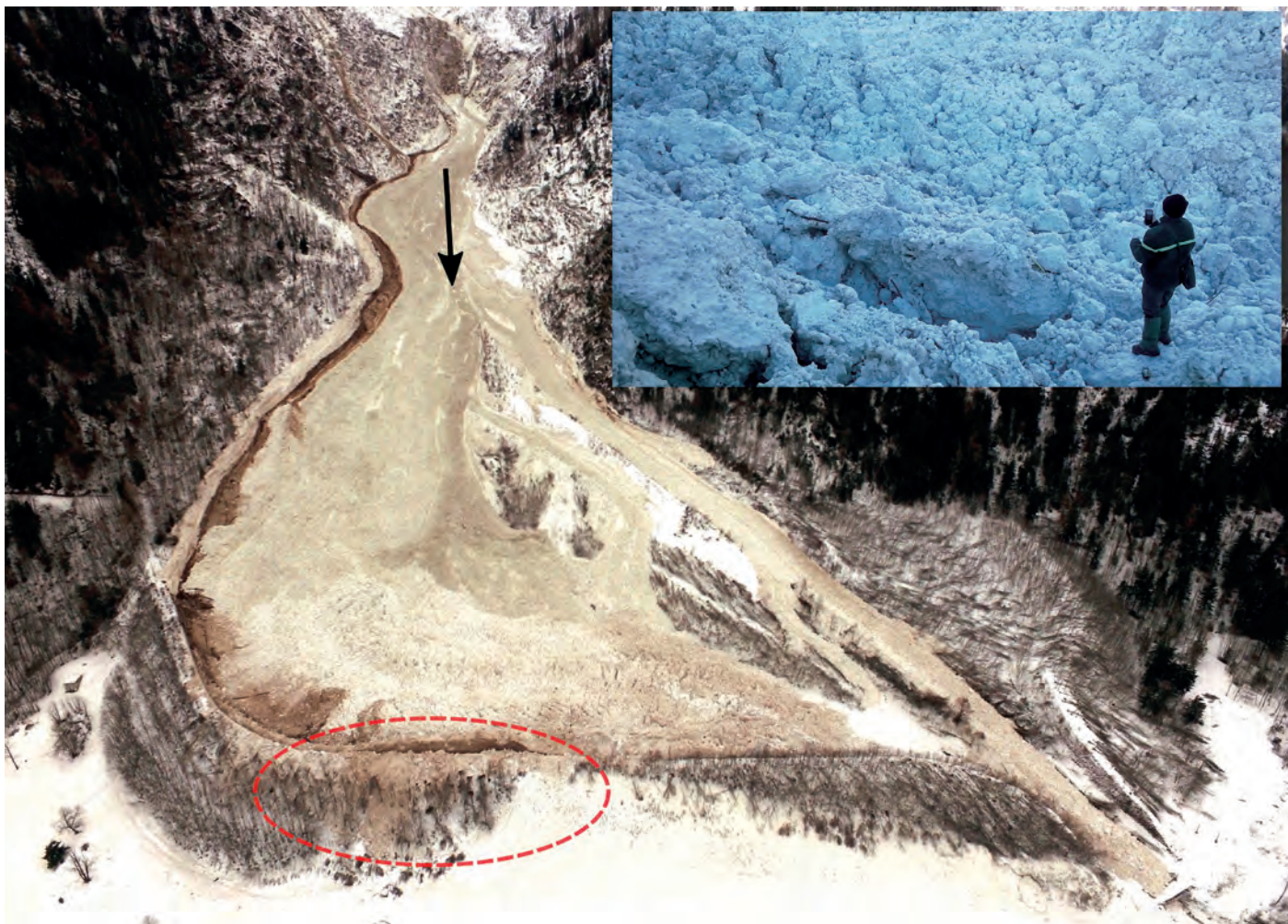


Figure 3 : dépôt de l'avalanche dans le paravalanche du Bourgeat (©Mairie Les Houches). L'ellipse tracée en pointillé rouge montre la zone des débordements mineurs, là où une langue d'avalanche s'est propagée le long de la digue avec une hauteur supérieure à la digue. L'image insérée (©Irstea-Thierry Faug) montre un zoom du dépôt illustrant ainsi le caractère granulaire de ce dépôt et la taille importante de certains agrégats de neige (à comparer à l'échelle donnée par la personne).

LES QUESTIONS QUI PEUVENT SE POSER SUITE À L'ÉVÉNEMENT DU 9 JANVIER 2018.

Le dispositif paravalanche était bien rempli durant les jours et les semaines qui ont suivi l'événement, donnant ainsi du fil à retordre à la commission communale de sécurité de la vallée de Chamonix qui a dû faire face au risque de suravalanche¹² et procéder notamment à des mesures de confinement et à l'évacuation de plusieurs habitations à plusieurs reprises. Aucune suravalanche d'ampleur significative n'est descendue. Au-delà de la gestion de crise, l'avalanche survenue le 9 janvier 2018 pose des questions à plus long terme : que se serait-il passé, par exemple, avec des conditions de départ similaires et un volume équivalent, mais une neige bien plus froide, du type de celle de la crise avalanchreuse de 1999¹³, sur les parties basses

du couloir d'avalanche ? Le paravalanche actuel, dimensionné en 1997 par Irstea (ex-Cemagref) en étroite collaboration avec le service RTM¹⁴ de Haute-Savoie, a été efficace face à l'avalanche dense du 9 janvier 2018. Cependant, contrairement au couloir voisin de Taconnaz, sa conception n'a bénéficié ni des leçons tirées de l'hiver 1999 ni des avancées scientifiques qui ont suivi (depuis le début des années 2000 jusqu'à aujourd'hui) concernant la quantification de l'aléa avalanche d'une part et le dimensionnement des digues paravalanches et des ouvrages dissipateurs d'autre part.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Étude des risques d'avalanche. Commune des Houches (74). Analyse de la protection contre les avalanches du Bourgeat. Rapport d'étude du Cemagref (1997).
- 2 W. Steinkogler, J. Gaume, H. Löwe, B. Sovilla, and M. Lehning (2015), Granulation of snow : From tumbler experiments to discrete element simulations. Journal of Geophysical Research : Earth Surface, 120. <https://doi.org/10.1002/2014JF003294>
- 3 T. Faug, B. Turnbull & P. Gauer, (2018). Looking beyond the powder/dense flow avalanche dichotomy. Journal of Geophysical Research : Earth Surface, 123. <https://doi.org/10.1002/2018JF004665>

¹² Par exemple lié à un déclenchement du cirque en rive gauche sous l'aiguille du Goûter qui était bien chargé durant les jours et les semaines qui ont suivi l'événement.

¹³ En 1999, des précipitations intenses en temps très froid ont généré des avalanches de neige dense et sèche de grande ampleur se propageant à grande vitesse avec une forte capacité de débordement des obstacles.

¹⁴ Restauration des terrains en montagne.