

Peut-on identifier des conditions favorables au départ d'avalanches de plaques de fond en neige sèche grâce à la modélisation de la neige ?

Gilles Brunot
Météo France Chamonix, France

RESUME : Il y a un manque de connaissances sur les conditions favorables au départ spontané des avalanches de plaque de fond. Les mécanismes à l'origine de ces avalanches sont complexes, liés à des phénomènes de reptation fortement influencés par la topographie locale, ils n'ont fait l'objet que de très peu d'études. L'approche proposée consiste à s'intéresser à ces avalanches à l'échelle d'un massif ($\approx 800 \text{ km}^2$), mais uniquement dans le cas de manteaux neigeux secs ou seulement partiellement humides, le cas des manteaux neigeux entièrement humides étant un peu mieux connu. Elle s'appuiera d'une part sur les observations du réseau nivo-météorologique pour caractériser l'activité avalancheuse de plaque de fond durant les différents hivers depuis 1987, d'autre part sur la modélisation couplée sol-neige SURFEX-Crocus pour reconstituer la chronologie détaillée de l'enneigement. La confrontation des observations de début de saison et lors des périodes d'activité avalancheuse aux résultats de la modélisation pourrait contribuer à mieux caractériser les conditions favorables à la formation de ces manteaux neigeux instables ainsi qu'au déclenchement de ces avalanches de plaque de fond.

MOTS-CLEFS : plaques de fond – conditions favorables – déclenchement – modélisation

ABSTRACT: The conditions of natural triggering of full-depth slab avalanches are not well known. The mechanism is complex, due to creep phenomena which are very influenced by local topography, there are only very few studies about. This work considers these avalanches at the scale of the massif ($\approx 800 \text{ km}^2$) but only in the case of dry or partially wet snowpacks, the case of full-depth avalanches with a completely wet snowpack being a little better known. The study will use on the one hand the observations of the weather and snow network in the ski resorts to characterize the full-depth slab avalanches activity during the winter seasons since 1987, on the other hand the SURFEX-Crocus modelling in order to rebuild the detailed snow cover chronology. Comparing in early season observations and during avalanche activity observations with modelled data could contribute to better characterize the favourable conditions for unstable snowpacks forming and for full-depth slabs triggering.

KEYWORDS: full depth avalanche – favourable conditions – triggering - modelling

1 INTRODUCTION

Les plaques de fond, avalanches emportant systématiquement toute la neige jusqu'au sol avec un départ linéaire, se déclenchent seulement sur certains types de sols, en général sur des pentes herbeuses raides et aussi sur d'autres types de végétation basse ainsi que sur des dalles rocheuses, mais jamais sur des sols rugueux comme les pierriers.

Lors de ma formation à la nivologie en 1988, le phénomène d'avalanche de plaque de fond m'a été cité dans le cas des avalanches de printemps, lorsque le manteau neigeux est entièrement humide et perd de ce fait de sa cohésion. Je n'avais alors pas imaginé que ce genre

d'avalanche se produisait aussi avec des manteaux neigeux secs ou seulement partiellement humides.

En novembre 1996, les Alpes du Nord françaises ont été soumises à de fortes chutes de neige qui se sont déposées directement à même le sol. Il s'en est suivi une activité notable en plaques de fond, alors que le manteau neigeux était de manière évidente sec. Nous avons alors découvert un nouveau type de plaque de fond, dont le départ en avalanche se produisait après que de fortes chutes de neige se sont déposées directement sur le sol. Phénomène que nous avons pu observer à nouveau ultérieurement, soit en début de saison, soit parfois aussi en milieu d'hiver, lorsque les chutes de neige se déposent sur un sol dégagé par la fonte en versant sud ou par une précédente avalanche de fond.

Adresse de l'auteur correspondant :
Gilles Brunot, Météo France Chamonix, France
tel: +33 450 53 63 06
email: gilles.brunot@meteo.fr



Figure 1. Février 1999. Plaque de fond ayant généré une avalanche de neige poudreuse, après de grosses chutes de neige dans une pente sud au sol nu avant ces grosses chutes. Massif du Chablais, 1600 m, orientation sud-est.

En 2005, nous observons un nouveau phénomène : début février, alors que le manteau neigeux est sec et qu'il n'a pas neigé depuis longtemps, une activité non négligeable en avalanches de plaque de fond se produit. Nous remarquons que ces avalanches se produisent essentiellement en versant sud, bien que l'humidification due au soleil ne concerne tout au plus que les premiers centimètres de la surface. Nous avons alors compris que l'activité avalancheuse de versant sud en plein hiver que nous attribuons jusqu'à présent à une humidification du manteau neigeux par la fonte de la neige au soleil était due à une autre cause.



Figure 2. Février 2005. Plaque de fond en vieille neige sèche en versant sud sur sol herbeux. Dépôt en blocs, caractéristique des avalanches de plaque. Massif des Aravis, 1600 m, orientation sud-est.

Les deux derniers hivers, 2011-2012 et 2012-2013 se ressemblent : fortes chutes de neige dès le début de saison sans sous-couche au sol en moyenne montagne, activité en plaques de fond en neige sèche ou seulement partiellement humide tout au long de l'hiver. L'activité fut assez importante et les avalanches se produisirent à des endroits peu habituels. Certains profils du manteau neigeux réalisés se révélèrent alors différents des rares profils réalisés jusqu'ici près de telles avalanches : alors qu'habituellement la résistance de la neige est relativement faible du sol jusqu'à la surface, nous avons obtenu quelques données différentes avec des manteaux neigeux bien plus durs.



Figure 3. Février 2013. Plaque de fond en versant ombragé. Celle-ci est peu courante mais s'est produite deux hivers de suite ! Massif du Mont-Blanc, 2200 m, orientation ouest.

Nous avons décidé de commencer à explorer quelques pistes afin d'essayer de caractériser les hivers plus propices aux avalanches de plaques de fond. Ce travail a commencé pendant l'été 2013, il n'est donc pas fini lors de l'écriture de ce texte.

2 ETUDE DE L'ACTIVITE EN PLAQUES DE FOND A PARTIR DU RESEAU D'OBSERVATION.

Les observations d'avalanches, fournies par le réseau d'observation nivo-météorologique de Météo France, sont codées. Le code a changé le 1^{er} février 2008. Dans l'ancien code, on ne faisait pas la différence entre les plaques de fond en neige sèche et en neige humide. En outre, le nombre d'avalanches d'une journée comptabilisait toutes les sortes d'avalanches. Avec le nouveau code, on peut différencier les différents types de plaques de fond et les avalanches naturelles sont comptées à part des avalanches déclenchées à l'explosif ou par des

skieurs. Dans les deux codes, le nombre d'avalanches signalées un jour donné lorsque le genre d'avalanche « plaque de fond » a été choisie, peut être supérieur au nombre de plaques de fond comptabilisées, car le code indique alors un nombre total d'avalanches avec plaques de fond majoritaires. Les résultats sont donc approximatifs. On a sélectionné uniquement la période de la mi-décembre au 15 mars, afin d'éviter d'avoir trop de plaques de fond de printemps en neige entièrement humide.

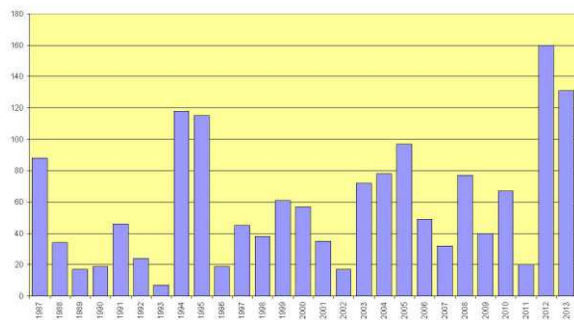


Figure 4. Cumul par hiver (jusqu'au 15 mars) du nombre de plaques de fond observées par trois postes d'observation de Haute-Savoie (Flaine, La Clusaz, Avoriaz). entre les hivers 1986-1987 et 2012-2013.

Les résultats ne sont pas homogènes d'un postes à un autre, probablement à cause de la qualité des observations qui varie lorsque les observateurs changent. D'où ce choix de cumuler sur trois postes le nombre d'avalanches de plaque de fond observées chaque hiver.

Le cumul du nombre de plaques de fond observées dans trois postes d'observations sélectionnés montre bien l'activité particulière des deux derniers hivers (2011-2012 et 2012-2013), qui arrivent en tête du plus grand nombre d'avalanches. On trouve ensuite les hivers 1993-1994 et 1994-1995, ce dernier restant une référence récente d'un très fort enneigement et surtout d'une très grande quantité de précipitations (forte épaisseur de neige avec un manteau neigeux très dense). L'hiver 1996-1997, cité plus haut à cause des fortes chutes de neige en novembre, n'est pas marqué par un grand nombre de plaques de fond, peut-être en partie à cause d'une activité avalancheuse très tôt en début de saison, alors que les postes d'observation ne fonctionnaient pas encore.

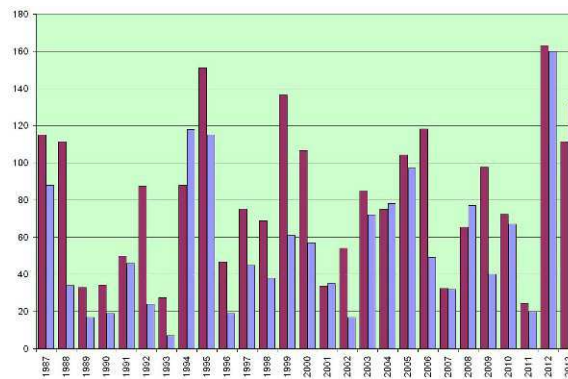


Figure 5. Epaisseur moyenne du manteau neigeux de janvier à mars à Flaine (altitude 1650 m) en rouge, comparée au cumul du nombre de plaques de fond (cf. figure 4).

Un premier essai de corrélation avec l'épaisseur moyenne du manteau neigeux à Flaine montre que les hivers très enneigés ont plutôt tendance à avoir beaucoup de plaques de fond et qu'au contraire les hivers peu enneigés en ont plutôt peu. Mais la corrélation est loin d'être parfaite, l'altitude relativement faible du poste d'observation (1650 m), plus basse que la plupart des zones de départs d'avalanches, étant peut-être en partie à mettre en cause. La comparaison avec un autre poste d'observation plus haut en altitude (Lognan, 1970 m) mais dont la série de données est plus courte, montre la même tendance, avec encore une corrélation approximative.

3 ETUDE DE L'ACTIVITE EN PLAQUES DE FOND A PARTIR DE LA MODELISATION SURFEX-CROCUS

La comparaison de l'activité avalancheuse avec la modélisation du manteau neigeux va permettre d'étudier d'autres pistes, par exemple la corrélation avec la masse de neige (équivalent en eau du manteau neigeux), cela à différentes altitudes, ou bien aussi la température du manteau neigeux. Cette étude n'a pas encore commencé lors de l'écriture de ce texte, mais les premiers résultats seront présentés à l'ISSW 2013.

4 REFERENCES

Vionnet, V., Brun, E., Morin, S., Boone, A., Faroux, S., Le Moigne, P., Martin, E., and Willemet, J.-M.: The detailed snowpack scheme Crocus and its implementation in SURFEX v7.2, *Geosci. Model Dev.*, 5, 773-791, doi :10.5194/gmd-5-773-2012, 2012.