

Double mesures de hauteurs de neige : une innovation pour mieux gérer le risque d'avalanche en temps réel sur les routes de Savoie (France).

Gaëlle Bourgeois¹

Alain Duclos²

Stéphane Caffo²

¹Conseil Général de la Savoie, Chambéry, France

²ALEA Sarl, Aussois, France

RESUME : Le Conseil Général de la Savoie est gestionnaire d'un peu plus de 3000km de routes, dont environ 1000km sont situés à plus de 1000m d'altitude. Plus d'une centaine de sections sont exposées au risque d'avalanche, dont certaines stratégiquement très sensibles car permettant l'accès à quelques uns des plus grands domaines skiables de la planète. Pour assurer au mieux la gestion du risque d'avalanche en temps réel, nous manquions d'information sur les hauteurs de neige et sur le transport par le vent. C'est pourquoi le Conseil Général de la Savoie s'est équipé de 6 stations complémentaires en altitude, mesurant toutes le transport de neige par le vent, les vitesses et direction du vent, la température de l'air. Quatre d'entre elles sont aussi équipées d'un couple de capteurs de hauteur de neige. En effet, une hauteur de neige unique s'avère insuffisante, surtout sur des postes où l'on mesure aussi les caractéristiques du vent. Un capteur est donc placé avec la station principale sur un secteur plutôt érodé par le vent, l'autre capteur est déporté dans un secteur plutôt soumis à un effet d'accumulation par les vents dominants. Les résultats sont toujours intéressants et parfois inattendus. De plus, Sur l'un de ces 4 sites, le capteur déporté positionné à proximité d'un gazex permet de mesurer la diminution brutale de l'épaisseur de neige si le tir a été positif. Ces stations de mesures transmettent les données, qui sont consultables via internet en temps réel.

MOTS CLES : transport par le vent, mesure de hauteur de neige

ABSTRACT: Savoy's regional government manages more than 3000km of roads, including approximately 1000km over the elevation of 1000m. More than a hundred sections are threatened by avalanches, among them some providing access to some of the largest ski resorts in the world. In order to insure the management of real time avalanche risk, we were missing information on snow height and snow blowing. That's why Savoy's regional government invested in 6 additional remote stations, all of them measuring snow blowing, wind direction and speed, and air temperature. Four of them are also equipped for double snow height measurement. Indeed, a single measurement appears to be insufficient, especially at stations where wind parameters are also measured. While a first sensor is placed on the main station exposed to wind effect, a second one is located a few dozens meters away, rather protected from dominant winds. Resulting measurements are always interesting and sometimes unexpected. Furthermore, on one of the 4 sites, the second sensor, located close to a gas exploder, allows the measurement of avalanche activity by recording the sudden collapse of snow height if an avalanche is triggered. Real time measurements are available on the Internet.

KEYWORDS: blowing snow, remote weather station, snow height measurement.

1- INTRODUCTION

Le Conseil Général de la Savoie étant gestionnaire d'environ 1000km de routes situés à plus de 1000m d'altitude, il a la charge d'une centaine de sections exposées au risque d'avalanche. Certaines sont stratégiquement très sensibles car permettant l'accès à quelques

uns des plus grands domaines skiables de la planète (Val d'Isère, Tignes, Les Arcs, Les Trois Vallées, etc.).

Pour assurer au mieux la gestion du risque d'avalanche en temps réel, il s'appuie sur l'avis d'experts, qui ont identifié au fil des décennies des besoins spécifiques en mesures de terrain. Jusqu'à la fin des années 1990, deux réseaux de stations de mesures automatiques existants étaient utilisés (EDT DTG et Météo-France). Toutefois, des événements surprenants ont mis en évidence un manque de données sur les hauteurs de neige et sur le transport par le vent. C'est pourquoi le Conseil

Adresse de l'auteur :

Gaëlle Bourgeois, Conseil Général de la Savoie, 1 rue des Cévennes, 73000 Chambéry, France;
tel +0033(0)479967583; fax +0033(0)479967549

Général de la Savoie s'est équipé ensuite de 6 stations Flowcapt complémentaires en altitude.

Après avoir précisé les mesures réalisées par ces dernières stations, nous présentons en particulier les intérêts et les limites de l'implantation systématique d'une double mesure de hauteur de neige. Enfin, un exemple pratique est proposé en illustration.

2 – PRÉSENTATION TECHNIQUE DES STATIONS FLOWCAPT

Les stations flowcapt mises au point par la société ISAW, permettent de mesurer le transport de neige par le vent, associé à la vitesse et direction du vent et à la température de l'air. Depuis quelques années, ces stations ont pu être complétées par des mesures de hauteurs de neige.

2.1- Transport par le vent :

Il est mesuré grâce à des micros placés dans des tubes (« Flowcapt »), qui enregistrent les impacts des particules transportées par la masse d'air (neige reprise au sol ou issue directement des précipitations). Les stations sont équipées de deux tubes, l'un permettant de mesurer le transport sur le premier mètre, l'autre au dessus.

La mesure instantanée étant difficilement exploitable, c'est plutôt la comparaison entre différents épisodes sur un même site qui permet de définir l'importance relative du phénomène.

2.2- Vent :

Grâce à un anémomètre, la direction du vent, ainsi que sa vitesse (vitesse moyenne et vitesse de pointe) sont mesurées.

Associé aux mesures de transport, cela permet d'avoir une bonne vision des expositions de pente qui vont avoir tendance à se charger.

2.3- Température de l'air:

La température de l'air est évidemment un agent important de la métamorphose de la neige. Il faut cependant garder à l'esprit que cette température peut être très différente de la température de la surface du manteau neigeux : des écarts significatifs existent en particulier lorsque le rayonnement est fort (par ciel clair, nous avons parfois mesuré une surface de neige 12°C plus froide que celle de l'air).

2.4- Hauteurs de neige :

Les 4 stations choisies pour les mesures de hauteur de neige ont systématiquement été équipées de deux capteurs, situés entre 50 m et 80 m de distance linéaire l'un de l'autre. En effet, une mesure unique de hauteur de neige à l'endroit même où l'on mesure les

caractéristiques du vent n'est pas pertinente ; soit la zone est sensible au vent et la mesure de hauteur de neige est sous estimée, soit elle est à l'abri du vent et la mesure du vent n'a pas de sens. C'est pourquoi, sur la base de l'expérience des nivologues du Conseil Général, il a été décidé de d'implanter en connaissance de cause ;

- un capteur situé sur la station principale, qui se trouve en zone plutôt érodée, puisqu'on y mesure aussi les caractéristiques du transport de neige,
- Un autre sur un mât déportée, dans un secteur plutôt soumis à un effet d'accumulation par les vents dominants.

Pour l'une des stations, le secteur soumis aux accumulations est déclenché préventivement par un Gazex ; les dépôts d'avalanche sont donc visibles (voir exemple §3).

2.5- Transmission des données :

Les stations transmettent les données au pas horaire, et celles-ci sont visibles via un site internet. La mise en page permet plusieurs types de lecture : d'une part station par station, avec un zoom au choix, et la possibilité de comparer les mesures de la semaine avec les 6 derniers mois ; d'autre part, une lecture par paramètres, qui permet d'afficher deux paramètres sur toutes les stations simultanément.

Des consultations d'historique sont également possibles.

Le site internet est en accès libre, dans un souci de partage des données.

3- PRÉCISION SUR LA DOUBLE MESURE DE HAUTEUR DE NEIGE.

3.1- Difficultés rencontrées :

Quelques difficultés sont rencontrées sur certains sites :

Les sites ont été choisis à l'origine pour avoir une mesure pertinente du transport par le vent, les conditions topographiques ne permettent pas toujours d'y installer un couple de mesures de hauteur de neige.

Sur l'un des 4 sites, la qualité des mesures de hauteurs de neige n'est pas toujours très bonne, sans que l'on arrive vraiment à savoir pourquoi. Généralement, les mauvaises mesures, qui se traduisent par des pics, sont constatées pendant les épisodes perturbés, qui sont aussi ceux où l'on souhaiterait avoir une mesure fiable en temps réel !

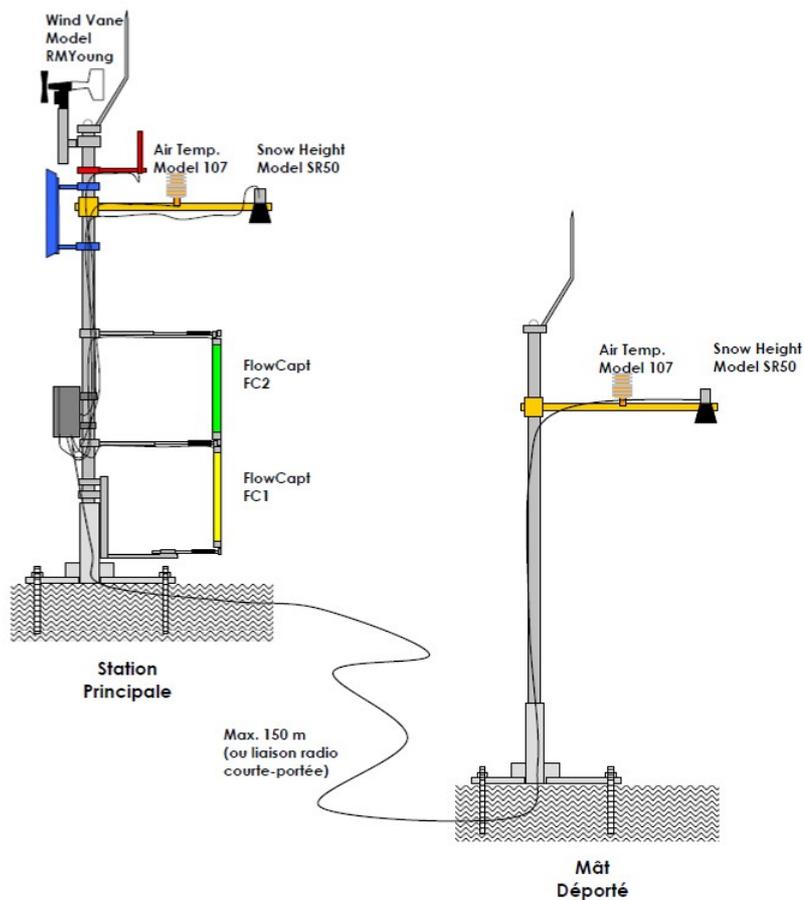


Figure 1 : schéma de principe des stations flowcapt, avec double capteur de hauteur de neige (Auteur : ISAW)

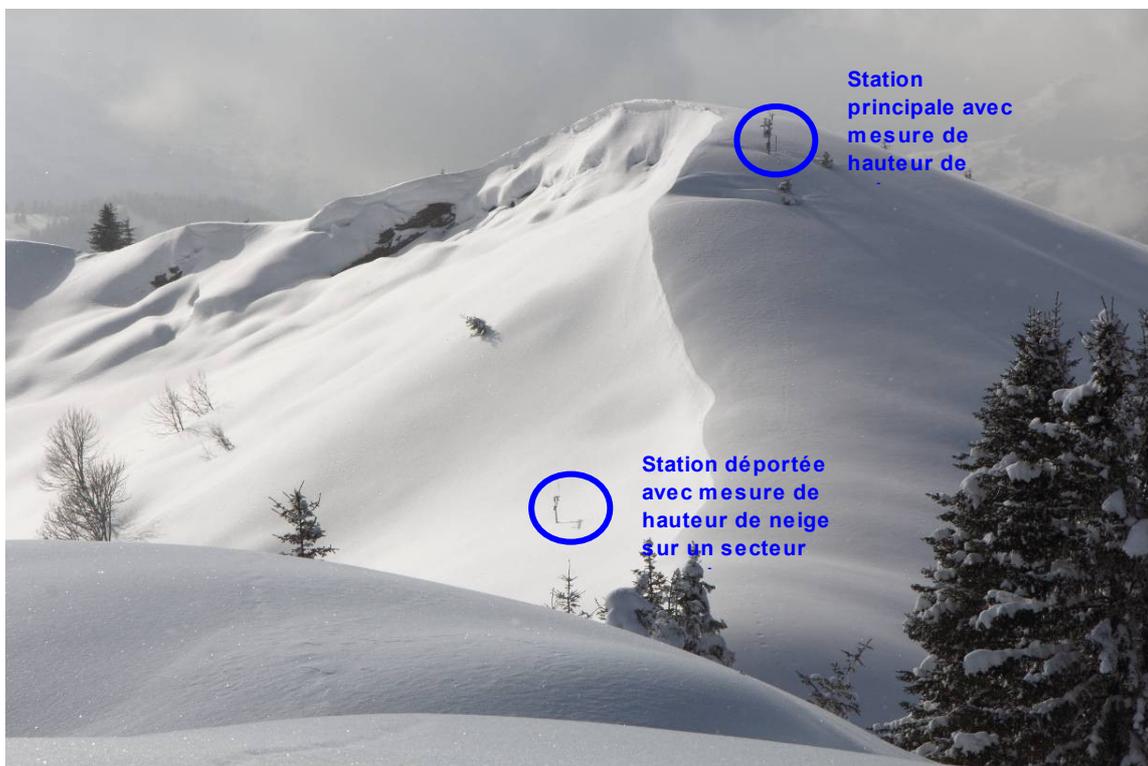


Figure 2 : station flowcapt de Flumet (Savoie France), avec double capteur de hauteur de neige

Lors des deux derniers hivers particulièrement enneigés des capteurs de neige déportés ont été enfouis : certes, cela prouve qu'ils sont bien placés dans les zones d'accumulations, mais il a été nécessaire de les dégager à la pelle pour pouvoir continuer à exploiter les mesures

3.2 - Cas particulier : Mesures dans une zone d'accumulation déclenchée par un gazex :

Sur la station de Celliers, le capteur déporté est installé sur un câble tendu entre la station principale et un exploseur à gaz. Cette mesure permet d'avoir une validation de l'efficacité du tir préventif. En effet, ce secteur n'est pas visible depuis la route, et le Gazex ne nous offre pas actuellement de système satisfaisant d'une part pour valider la réussite du tir, et d'autre part pour détecter les départs d'avalanche.

Il est donc extrêmement intéressant pour le Conseil Général de la Savoie d'avoir une confirmation de l'efficacité du tir (il arrive toutefois que la plaque déclenchée ne s'étende pas jusqu'à l'aplomb du capteur).

4- EXEMPLE DU 8 DÉCEMBRE 2011 SUR LA STATION DE CELLIERS

Les mesures par la station de Celliers entre le 3 et le 9 décembre 2011 montrent l'intérêt de chaque mesure ainsi que leur complémentarité (voir figure 3). On observe en effet deux épisodes de transport de neige par le vent d'intensité similaire, dont seul le second donne lieu à un départ de plaque d'environ un mètre

d'épaisseur (voir figure 4). Malgré le dysfonctionnement de l'anémomètre pendant environ 48 heures (givrage), l'épisode a pu être parfaitement suivi et exploité pour la sécurisation de la route (déclenchement préventif positif avant départ spontané de la vaste plaque).

5 - CONCLUSION

les stations de mesures en altitude comprenant l'enregistrement du transport de neige par le vent et double capteur de hauteur de neige apportent un complément qui nous paraît maintenant indispensable pour suivre les conditions nivo-météorologiques et permettre d'assurer au mieux la gestion du risque d'avalanche sur les routes départementales.

Elles permettent de suivre des conditions particulières dans les zones de départ des avalanches qui échappent parfois aux observateurs locaux travaillant plus bas en altitude (généralement sur les routes), évitant ainsi les « mauvaises surprises » vécues dans le passé. Une bonne habitude de leur exploitation permet aussi de faire un diagnostic satisfaisant en cas de dysfonctionnement temporaire de l'un des appareils (givrage de l'anémomètre ou enfouissement de l'un des capteurs de hauteur de neige).

Enfin, l'implantation d'un capteur de hauteur de neige sur câble dans une zone de départ avalanche nous donne pour l'instant toute satisfaction pour connaître l'activité avalancheuse, provoquée ou spontanée.

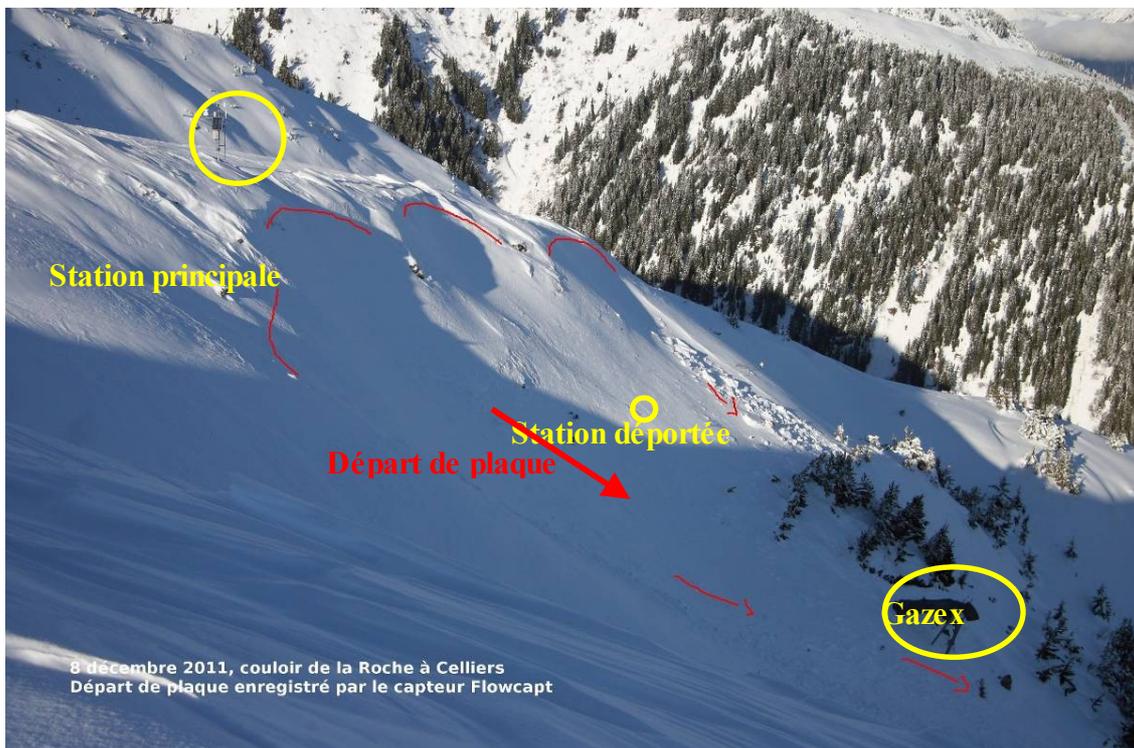


Figure 3 : station flowcapt de Celliers (Savoie, France), le 8 décembre 2011

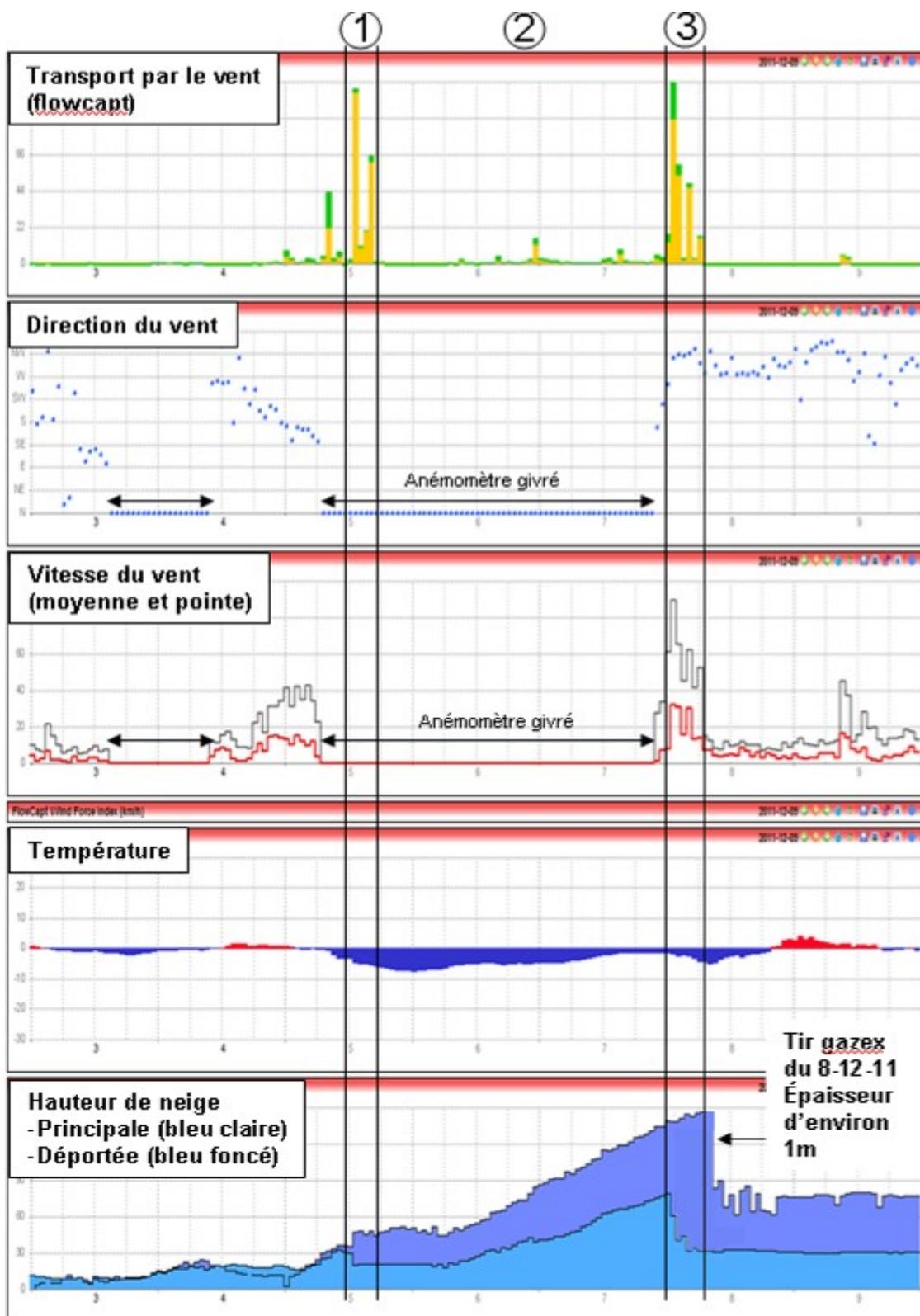


Figure 4 : mesures du 3 au 9 décembre 2011, sur cette même station de Celliers (Savoie, France)
 Sur le période 1, on peut voir un premier épisode de transport par le vent : les flowcapps enregistrent du transport, l'anémomètre, givré, ne donne pas d'indication, la hauteur de neige principale diminue alors que l'autre augmente. Sur la période 2 : on voit une chute de neige sans beaucoup de transport : les flowcapps n'enregistrent pas grand chose, les hauteurs de neige augmentent toutes les deux. Sur la période 3 : on voit un épisode de transport bien marqué, avec une forte érosion, l'anémomètre s'est enfin débloqué ! L'efficacité du tir qui suit cette période est nettement visible.