

## LA FIABILITE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION ACTIVE CONTRE LES AVALANCHES

### LA CARACTERISATION DU SUR-ALEA A PARTIR DE L'EXPERIENCE FRANÇAISE

Olivier Marco<sup>1</sup>

#### RESUME

Cet article est une contribution aux débats actuellement en cours en France sur la constructibilité à l'aval des ouvrages de protection. Il porte sur la possibilité qu'un dispositif de protection active contre les avalanches (DPAA) (hors travaux de terrassement et reboisement) puisse aggraver l'aléa historiquement connu. Cette réflexion se base sur une enquête de terrain réalisée en 2010-2011 par les services RTM sur l'ensemble des départements français de Haute Montagne. Dans un seul cas, le dysfonctionnement d'un DPAA semble avoir permis l'occurrence d'une avalanche plus importante que celle historiquement connue sur ce site, avant qu'il soit équipé. L'aggravation de l'aléa suite à un dysfonctionnement d'un DPAA ne peut donc être écartée. Mais, même s'ils ne sont pas à l'origine d'avalanches exceptionnelles, les dysfonctionnements de DPAA, le plus souvent dus à une mauvaise conception ou à un entretien insuffisant, sont beaucoup plus préoccupants.

**Mots-clés:** avalanche, risque naturel, ouvrage de protection

#### ABSTRACT

This article is a contribution to the ongoing debate in France regarding the granting of building permits below natural hazard protection structures. It concerns the possibility of an Avalanche Active Protection Structure (AAPS) (excluding earthworks (terracing) and reforestation) actually increasing the hazard. It is drawn from a survey among all the RTM departments (officials departments in charge of the Restoration of French Mountain Territories). In only one very particular case, it would seem probable that the failure of the structure enabled a far larger avalanche to develop than would have occurred on the site if it had not been equipped in that way. An aggravation of the hazard as a result of an AAPS malfunction cannot be completely ruled out. But, even without an aggravation, malfunctions, which are most often linked to mistakes in the design and installation of the structures, as well as to a lack of upkeep, are more worrying.

**Keywords:** avalanche, natural hazard, avalanche protection structures

#### INTRODUCTION

En France, la constructibilité à l'aval d'un dispositif de protection contre les risques naturels est soumise à des prescriptions très strictes et nécessite, en dehors de la prise en compte des contraintes socio-économiques et environnementales une bonne connaissance de la fiabilité des ouvrages.

Celle-ci repose, pour l'ensemble des ouvrages de protection contre les risques naturels sur les trois principes suivants :

1. Le dispositif a un gestionnaire bien identifié qui en assure le bon entretien

---

<sup>1</sup> Dr. Olivier Marco/ Délégation nationale risques naturels et RTM de l'Office National des Forêts , direction technique RTM, France

2. Les caractéristiques techniques de l'ouvrage correspondent bien à " l'aléa de projet » pour lequel il a été conçu ; cet aléa de projet peut être différent de l'aléa de référence pris en compte éventuellement au niveau des enjeux à protéger (habitations, infrastructures, réseaux divers ...)
3. L'augmentation de l'aléa éventuellement générée par un dysfonctionnement possible du dispositif est évaluée.

Le respect du premier principe est déjà une forte contrainte. Un inventaire des dispositifs de protection active contre les avalanches ou DPAA (figure 1 ; la protection active intervient sur la genèse du phénomène; la protection passive limite ses effets) réalisé en France indique que plus de 10 % des maîtres d'ouvrages n'ont pu être identifiés et que seuls 54 % de ces dispositifs font l'objet d'un suivi régulier (Segel, 2011).

Le second principe est également une contrainte importante. Compte tenu de l'évolution des connaissances, le dispositif peut ne plus correspondre à l'aléa de projet initialement retenu et il devient nécessaire d'en définir "l'aléa nominal" (correspondant aux caractéristiques des ouvrages). De même l'aléa de référence pris en compte pour autoriser la constructibilité à l'aval évolue avec les réglementations du zonage des risques naturels conduisant souvent à un accroissement de l'écart avec l'aléa nominal et avec l'aléa de projet.

Le troisième principe est directement issu de la sécurité des ouvrages hydrauliques et il a été extrapolé aux autres types d'ouvrages de protection contre les risques naturels sans une véritable réflexion préalable. Ainsi, en 2009, l'autorisation d'un permis de construire à l'aval d'un dispositif de protection active contre les avalanches a été subordonnée à la prise en compte des effets aggravants. Or, s'il n'est déjà pas toujours aisé de comprendre et de quantifier les effets aggravants dus à la rupture d'un barrage hydraulique, c'est encore plus complexe pour un dispositif de protection active contre les avalanches. Le présent article tente d'apporter quelques éléments de réflexion autour de ce débat sur les effets négatifs possibles de tels dispositifs.



**Fig. 1** Dispositif de protection active contre les avalanches

**Fig. 1** Avalanche active protection structure

## AUGMENTATION DE L'ALEA DUE A UN DISPOSITIF DE PROTECTION : LA NOTION DE "SUR-ALEA"

La notion d'aléa accru suite à la défaillance d'un ouvrage est très courante en cyndinique et plus particulièrement dans le domaine de l'hydraulique. La rupture d'un barrage peut effectivement être à l'origine d'un aléa exceptionnel qui n'aurait pu se produire en l'absence de cet ouvrage. De tels évènements ont déjà été observés dans le passé et ont parfois été à l'origine de grandes catastrophes. En 1959, la rupture d'un barrage hydraulique à Malpasset en France provoquait la mort de 423 personnes. Les phénomènes correspondants commencent aujourd'hui à être cernés sur le plan scientifique et peuvent faire l'objet d'une description tant qualitative que quantitative.

Cette notion est-elle transposable telle qu'elle aux DPAA ?

Elle a été introduite pour la première fois dans une version provisoire du guide méthodologique pour la réalisation des Plans de Prévention contre les Risques naturels (PPR) dédié aux avalanches. Elle recommandait « *d'apprécier l'absence d'effets aggravants dus à un effet de seuil concernant les filets et râteliers qui seraient, dans certaines conditions exceptionnelles, recouverts par la neige (Figure 2), ce qui peut déboucher sur des avalanches plus volumineuses que lorsque les purges sont naturelles* ». Mais il reste à définir ce que l'on entend par effets aggravants pour un ouvrage dont la vocation est de protéger. Pour une digue de déviation par exemple, renvoyer une avalanche exceptionnelle vers une habitation pour en protéger une dizaine d'autres peut-il être considéré comme un effet aggravant ? Certains auteurs évoquent les effets négatifs d'un dispositif de protection (Margreth et Romang, 2010). Mais cette notion englobe de nombreux aspects qui ne se limitent pas à l'aggravation de l'aléa. C'est pourquoi nous privilégions la notion de "sur-aléa" : augmentation provoquée par l'ouvrage de l'intensité du phénomène en un point donné et pour un aléa donné. Une telle définition du sur-aléa peut ainsi s'appliquer aussi bien aux ouvrages de protection dite active (empêcher l'occurrence du phénomène) que passive (limiter les effets indésirables du phénomène en le déviant, le freinant ou l'arrêtant par des ouvrages).

Dans le cas des DPAA, pouvoir préciser le sur-aléa c'est pouvoir répondre à la question suivante : la défaillance du dispositif peut-il provoquer une avalanche plus importante que celle qui, dans les mêmes conditions nivo-météorologiques aurait pu se produire en l'absence de ces ouvrages de protection.



**Fig. 2 Filets paravalanches surchargés**  
**Fig. 2 Overloaded avalanche protection nets**

Cette question correspond à trois interrogations successives : (a) Le DPAA favorise-t-il l'occurrence d'une accumulation de neige naturellement improbable sur un tel site en absence d'équipements ? Et dans ce cas : (b) Une défaillance du dispositif peut-il favoriser l'occurrence d'une avalanche d'une intensité plus importante que celle de l'avalanche de projet pour lequel le dispositif a été mis en place ? (c) Quelle est la probabilité de l'occurrence surcharge + défaillance qui permettrait de pleinement qualifier l'aléa correspondant ?

Comme pour la plupart des questions relatives aux risques naturels, les réponses apportées sont issues de travaux scientifiques et/ou de l'observation de terrain. De telles interrogations peuvent sembler d'un intérêt marginal. Dans l'attente de réponses théoriques claires, il suffirait en effet de limiter la mise en place de DPAA. Toutefois, il ne faudrait pas que ce principe de précaution, justifié par un manque de connaissances, conduise à se tromper d'objectifs :

- En se méfiant d'un type de dispositif de protection qui a fortement contribué au développement économique des Alpes et, surtout, qui a fait ses preuves lors d'épisodes catastrophiques en particulier celui de 1999 (Cassayre, 2001) et comme l'ont confirmé les scientifiques et praticiens européens en charge des risques naturels en montagne lors d'un colloque à Galtür (Wildbach- und Lawinverbau, 2009). En France, la mise en place de tels dispositifs a fortement chuté à partir des années 1990 (Segel, 2011). On ne peut dire si cette diminution est due à la fin du plan neige d'équipement de la montagne ou à la mise en place progressive des PPR dont l'un des objectifs est de limiter les enjeux dans les zones exposées.
- En se trompant de priorité. Comme pour les ouvrages hydrauliques, c'est surtout et avant tout l'incertitude sur la pérennité de ces dispositifs qui peut, à terme, poser de graves problèmes vis-à-vis des enjeux protégés actuellement.

### **PEUT-ON APPORTER UNE REPONSE SCIENTIFIQUE ?**

A la date de cet article, une réponse n'existe pas encore. Le travail correspondant serait important.

En effet :

- pour répondre à la première interrogation, il faudrait caractériser chaque type de site (inclinaison, rupture de pente, nature du sol ...)
- Pour répondre à la seconde question, il faudrait étudier plus en détail le comportement du manteau neigeux et sa faculté à se remobiliser compte tenu de sa rhéologie qui fluctue fortement dans le temps et dans l'espace
- La réponse à la troisième question dépend des conditions nivo-météorologiques exceptionnelles mais également de la conception du dispositif et des propriétés mécaniques de ses éléments. Si une réponse peut être apportée sur la probabilité d'occurrence d'une surcharge exceptionnelle, il sera difficile de cerner celle de la défaillance du dispositif.

### **DE TELS EVENEMENTS ONT-ILS DEJA ETE OBSERVES ?**

Lorsque les connaissances scientifiques ne peuvent apporter une réponse, l'accidentologie des dispositifs de protection peut apporter quelques éléments surtout si elle porte sur une période et un nombre d'ouvrages importants. Cette approche est maintenant systématique pour les études de danger des ouvrages hydrauliques et peut être précieuse pour cerner la probabilité d'occurrence d'un sur-aléa. Elle a été récemment utilisée pour les ouvrages de correction torrentielle sur plus de 10 000 ouvrages répartis sur plus de mille sites (Boncompain, 2011).

La protection active paravalanche existe également depuis très longtemps (Zuanon et Meffre, 2006). Les premiers ouvrages de génie civil apparaissent vers la moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle mais c'est depuis le début de l'aménagement touristique de la montagne dans les années 50 que ces dispositifs se sont multipliés. Plus de 1 000 km de filets, claies ou râteliers ont été installés sur l'ensemble des Alpes et des Pyrénées.

Nos collègues européens semblent avoir une plus grande expérience que la nôtre sur la fiabilité de ces dispositifs. Ainsi, pour l'établissement des cartes de dangers, les recommandations suisses prennent en compte la présence des DPAA en prenant en compte une hauteur de neige moins importante qu'en absence d'ouvrage et une fréquence moins élevée. Il est clair que cette pratique, montre que la notion de sur-aléa dû à la présence d'un DPAA n'est pas prise en compte. Nous verrons plus loin comment peut être fondée cette position.

En France, seuls 80 km de tels ouvrages répartis sur 303 dispositifs ont été mis en place. A partir de ce parc d'ouvrages, certes limité au regard de celui d'autres pays européens, il a été décidé toutefois d'analyser les dysfonctionnements observés depuis les années 1950. Il a pu être établi que plus de

quarante dispositifs avaient connu un dysfonctionnement et qu'il existait des incertitudes sur une cinquantaine d'autres dispositifs (Segel, 2011).

Les principaux dysfonctionnements observés (hors destruction par chutes de blocs) sont les suivants :

1. une avalanche prenant naissance hors du dispositif parcourt le site équipé, avec ou sans conséquences pour les ouvrages
2. une rupture du manteau neigeux entre 2 lignes d'ouvrages provoque un écoulement. L'avalanche peut ou non endommager les ouvrages situés à l'aval
3. La rupture de certaines pièces des ouvrages est provoquée par les fortes contraintes exercées par le manteau neigeux, favorisant le départ d'une avalanche
4. La couche de neige située au-dessus du dispositif submergé par une chute de neige exceptionnelle se met en mouvement avec ou sans dégâts sur les lignes inférieures
5. La neige très sèche se met en mouvement et s'écoule à travers le dispositif le plus souvent sans conséquence sur les ouvrages.

Dans pratiquement tous les cas, le dysfonctionnement n'a pas donné lieu à des avalanches plus importantes que toutes les avalanches historiques connues. Toutefois, dans un seul cas, à la Grande Torchère (Haute Savoie) , un sur-aléa est probablement survenu. Avant d'analyser plus en détail ce cas particulier, ces observations de terrain amènent les commentaires suivants :

a) Pour les points 1, 2 et 3, la plupart des cas relèvent de dispositifs qui pourraient être qualifiés de non fiables :

- Conception / dimensionnement non adaptés à l'avalanche de projet (lignes trop espacées par exemple ou matériel défectueux ; figure 3)
- Avalanche de projet prise en compte trop ponctuelle dans le site considéré (tous les panneaux déclencheurs, à proximité immédiate ou non du site considéré, n'ont pas été traités. Or il est fréquent d'observer qu'on déplace la zone de départ d'une avalanche en stabilisant sa zone de départ dite historique
- Mise en oeuvre non satisfaisante souvent à l'origine de défaillance du dispositif (rayon de courbure minimal des câbles non respecté, orientation des ancrages ...)

Le plus souvent, des compléments ont peu à peu été apportés aux dispositifs qui ont dysfonctionné, pour arriver à des dispositifs jugés aujourd'hui comme fiables. Le cas le plus exemplaire est celui du DPAA domanial de Barèges dont la mise en place s'est étalée sur plus d'un siècle (Zuanon et Meffre, 2006)

Toutefois, la pérennité de quelques DPAA pose encore question liée à une maintenance insuffisante, parfois trop difficile à assurer suite à des conceptions et une mise en oeuvre qui seraient considérées aujourd'hui comme non satisfaisantes compte tenu des connaissances actuelles.



**Fig. 3** Pièce d'ancrage défectueuse  
**Fig. 3** Faulty piece of an anchoring

b) Pour les points 4 et 5, la question ne devrait pas se poser au niveau de la fiabilité du dispositif mais sur la cohérence entre avalanche de projet retenue pour le dimensionnement du dispositif et avalanche de référence prise en compte pour la protection des enjeux situés à l'aval.

## LE DPAA DE LA GRANDE TORCHERE

### Caractéristiques du dispositif

Mis en place en 1980 pour protéger le domaine skiable de la Combe de la Torchère (Station de la Clusaz), ce DPAA a pour avalanche de projet les petites coulées de redoux fréquentes en cours de saison. Historiquement, certaines ont atteint des skieurs sur la piste de ski. Ces avalanches de neige très humide, difficiles à déclencher artificiellement sont très fréquentes dans cette zone de départ située à proximité de la crête et constituée d'une dalle très pentue. (entre 80 et 100% d'inclinaison : figure 4). Les autres panneaux déclencheurs, la plupart de très grande taille, menaçant la combe de la Torchère (CLPA n°18) sont purgés par déclenchement préventif.

Ce DPAA, constitué de 63 ml de filets disposés en 3 lignes est régulièrement entretenu.



**Fig. 4** Filets paravalanches sur dalles inclinées

**Fig. 4** Avalanche protection nets on inclined flagstones

### Rupture du dispositif :

Au printemps 2001, la ligne amont de filets a cédé en son milieu suite à une rupture d'un câble de liaison à l'ancrage amont due à une surcharge du manteau neigeux. [figure 5] Cet affaissement du filet central a favorisé la mobilisation de l'ensemble du manteau neigeux qui a ensuite emporté les 2 autres lignes situées à l'aval. L'avalanche s'est produite après la fermeture du domaine skiable et les dégâts ont été constatés au cours de l'été 2001.



**Fig. 5** Rupture de la ligne amont du dispositif

**Fig. 5** Break of the first line

Avalanche résultant de la rupture du dispositif :

Le dispositif faisant l'objet d'un entretien régulier, la rupture d'un câble de liaison sur la ligne amont du dispositif amène à penser que la hauteur de neige qui s'était accumulée au cours de l'hiver et retenue par le dispositif était exceptionnelle. Par ailleurs, les caractéristiques du site (dalles lisses très inclinées) ne sont pas favorables au maintien d'une accumulation importante de neige sans dispositif de retenue.

Commentaires :

Ce DPAA est un cas d'école. Le sur-aléa n'a donné lieu à aucun sur-risque. En effet, ce dispositif a été mis en place afin d'éviter que des petites avalanches de redoux, difficiles à déclencher, atteignent des pistes de ski en retenant la neige pendant la période d'ouverture du domaine skiable et en fin de saison, au moment où le dispositif est le plus sollicité. La fermeture des pistes supprime les enjeux menacés et donc le risque.

Il ressort simplement que cet exemple confirme ce que chacun pouvait pressentir, qu'un DPAA peut être à l'origine d'un sur-aléa dans des conditions très particulières telles que des dalles lisses très inclinées, en favorisant une accumulation anormale de neige en empêchant les purges régulières tout au long de l'hiver.

Par contre l'étude réalisée ne permet pas d'approcher la probabilité d'occurrence d'un tel événement dans des conditions topographiques similaires. Seuls 12% des dispositifs recensés concernent des sites rocheux avec des pentes souvent inférieures. Et cette probabilité qui est corrélée à celle du dysfonctionnement d'un DPAA dépend largement des produits utilisés et surtout de la qualité de leur mise en place sur le site.

## CONCLUSION

En l'absence de tout résultat de travaux scientifiques, il devenait nécessaire d'apporter des éléments de réflexion aux experts chargés de répondre, au cas par cas, si un DPAA pouvait être une source d'aggravation du risque pour les enjeux qu'il protège.

En se limitant à l'expérience acquise en France, il apparaît :

- Qu'aucune catastrophe (morts ou destructions d'habitations) n'a jamais été provoquée en France par un sur-aléa dû au dysfonctionnement d'un DPAA. Ce qui n'est pas le cas par exemple des ouvrages de protection passive contre les avalanches comme à Tacconnaz par exemple, en 1988 pour lequel les pouvoirs publics ont été condamnés.
- Que l'occurrence d'un sur-aléa dû au dysfonctionnement d'un DPAA, intellectuellement envisageable mais souvent nié sur le terrain par manque de preuves, est effectivement possible puisque observé et qu'il est donc nécessaire de l'évoquer pour certaines zones de départ.
- Que le risque lié à un sur-aléa d'un DPAA construit dans les règles de l'art reste infiniment moins probable que celui lié à une avalanche, certes non exceptionnelle, donc ne pouvant être qualifiée de sur-aléa, mais dont le départ n'a pu être empêché par un DPAA mal conçu, mal installé et surtout mal entretenu. Ce dernier point est d'autant plus important que les filets paravalanches, nécessitant un entretien suivi, ont été privilégiés ces dernières décennies compte tenu de leur faible impact visuel. Et cette probabilité pourrait être encore fortement diminuée si cette possibilité de sur-aléa était envisagée dès les premières réflexions sur la pertinence d'une protection par un DPAA dans certains cas très particuliers en fonction de la nature des zones de départ et des enjeux à protéger.

Compte tenu de l'existence en Suisse de directives fédérales sur la conception des dispositifs de protection contre les avalanches (projet Planat) et d'une organisation permettant le suivi des dispositifs, il n'est donc pas surprenant que les DPAA puissent être pris en compte dans le zonage des cartes de dangers. A contrario, en France, dans l'attente des résultats des réflexions actuellement en cours, les consignes nationales recommandent que ces dispositifs ne soient pas pris en compte lors de l'élaboration des PPR.

## REFERENCES

- Boncompain I. (2011). Accidentologie des ouvrages hydrauliques RTM et retour d'expériences  
Rapport établi par l'ONF/RTM à la demande du Ministère en charge de l'Ecologie (convention  
SU 0007323 d'avril 2010).
- Margreth S., Romang H. (2010). Effectiveness of mitigation measures against natural hazards Cold  
Regions Science and Technology 64: 199-207.
- Segel V. (2011) Synthèse de l'inventaire des dispositifs paravalanche en France. Rapport établi par  
l'ONF/RTM à la demande du Ministère en charge de l'Ecologie (convention SU 0007323 d'avril  
2010).
- Zuanon J.P., Meffre J.F. (2006). Barèges : quatre siècles de lutte contre les avalanches. Neige et  
Avalanche juin 2006 n°114.