



HAL
open science

Guide technique "Ouvrages à vent en zone de montagne"

F. Naaim-Bouvet, M. Truche

► To cite this version:

F. Naaim-Bouvet, M. Truche. Guide technique "Ouvrages à vent en zone de montagne". International Snow Science Workshop (ISSW), Oct 2013, Grenoble – Chamonix Mont-Blanc, France. p. 134 - p. 139. hal-00949755

HAL Id: hal-00949755

<https://hal.science/hal-00949755>

Submitted on 20 Feb 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Guide technique « Ouvrages à vent en zone de montagne » Technical handbook "Wind drift control structures in mountainous areas"

Florence Naaim-Bouvet¹ et Michel Truche²

¹ UR ETNA, IRSTEA, Saint-Martin d'Hères, France

² Direction Technique Nationale RTM, Toulouse, France

RESUME : En montagne, le transport de neige par le vent génère une répartition hétérogène de la neige : la neige est arrachée dans les zones de fort vent, comme les crêtes et est déposée en zone abritée, comme les zones de départ d'un couloir d'avalanche. Le vent est ainsi responsable du déneigement des pistes de skis, de l'enfouissement de bâtiments, de la formation de congères, corniches et plaques à vent, et de la surcharge des ouvrages paravalanches de protection active.

Pour faire face à ces phénomènes préjudiciables, des ouvrages à vent ont été conçus depuis plus d'un siècle, afin de tenter de maîtriser le flux de neige, le répartir et provoquer son dépôt dans une zone sans risque. En zone de départ d'avalanches, différentes solutions comme les barrières à neige, les toits-buse ou les vire-vent, sont envisageables et sont présentées dans un guide technique réalisé en 2013 par IRSTEA et le service RTM (Office National des Forêts). Il vise à établir un catalogue de ces ouvrages avec des exemples dans les Alpes et les Pyrénées, présenter l'ingénierie requise pour leur mise en œuvre et décrire l'entretien nécessaire pour leur pérennité.

Ce guide technique financé par le ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) sera téléchargeable fin 2013 sur le site www.avalanches.fr.

MOTS-CLEF : Neige, vent, avalanche, ouvrage à vent, barrière à neige, vire-vent, toit-buse.

ABSTRACT: In mountainous areas, drifting snow generates a heterogeneous distribution of the snow : snow is eroded in high wind areas and deposited in sheltered areas such as avalanches starting zones. Wind is also responsible of snow removal on ski slopes, snowdrift formation on roads and around buildings, cornices and wind slabs formation, and structural measures burial and overload in starting zone. To reduce these inconvenient, wind drift control structures have been designed for more than a century in order to control drifting snow flux and ensuring the deposition away from the considered area. In avalanches starting zone areas different solutions such as snow fences, jet roofs, wind baffles are possible. They are introduced in a technical handbook written by IRSTEA (National Research Institute of Science and technology for Environment and Agriculture) and RTM (The Service for the Restoration of Mountain Lands - ONF National Forests Office). This handbook aims at describing the wind drift control structures with examples from the French Alps and Pyrenees, the design and the structural maintenance work.

This guide, funded by the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy (MEDDE) will be downloadable at the end of 2013 on www.avalanches.fr website.

KEYWORDS: Snow, wind, avalanche, wind drift control structure, snow fence, jet roof, wind baffle.



Adresse de l'auteur correspondant :

Florence Naaim-Bouvet, IRSTEA,
2 rue de la Papeterie, BP 76, 38402 Saint-Martin d'Hères, France
tel: +33 4 76762709; fax: +33 4 76513803;
email: florence.naaim@irstea.fr

1 INTRODUCTION

Les épisodes de chutes de neige s'accompagnent souvent de vent ou sont suivis d'épisodes venteux. La neige peu transformée est facilement mobilisable. Ce sont donc des masses considérables de neige qui sont transportées dans les massifs montagneux. Le manteau neigeux devient hétérogène avec une érosion des zones exposées au vent et la formation de dépôt dans les zones abritées. Ces déplacements de neige ont rarement un rôle bénéfique. Outre les problèmes de gestion de la neige sur les domaines skiables avec entre autres l'érosion des crêtes, le transport de la neige par le vent conduit à la formation de corniches de plaques à vent et de surcharge sur les ouvrages paravalanches de protection active. Pour faire face à ces phénomènes préjudiciables, il a été conçu des ouvrages à vent paravalanches qui visent à maîtriser le flux de neige, le répartir et provoquer le dépôt de neige. Le guide « Ouvrages à vent paravalanches » vise à établir un catalogue de ces ouvrages avec des exemples dans les Alpes et les Pyrénées, présenter l'ingénierie requise pour leur mise en œuvre et décrire l'entretien nécessaire pour leur pérennité.

2 TRANSPORT DE LA NEIGE PAR LE VENT : CONNAISSANCES DE BASE

La première partie de l'ouvrage (chapitre 1 à 4) est ainsi consacré aux connaissances théoriques dans le domaine du transport éolien de la neige ce qui permet d'aborder la partie ingénierie avec de solides connaissances.

Comment le vent se forme-t-il ? Quelles sont les caractéristiques des cristaux de neige et leur évolution dans l'atmosphère puis le manteau neigeux ? A partir de quelle vitesse de vent voit-on apparaître du transport de neige ? Qu'est-ce que la saltation, la reptation, la diffusion turbulente (Figures 1 et 2) ? Quelles sont les quantités de neige transportées et comment varient-elles avec le vent ? Avec quels capteurs peut-on mesurer ces quantités (Figure 3) ? Comment modéliser le transport de neige par le wind, sur des maquettes (Figure 4) ou à l'aide d'un ordinateur ?

Autant de questions importantes qui sont abordées de façon simple dans cette première partie de l'ouvrage.

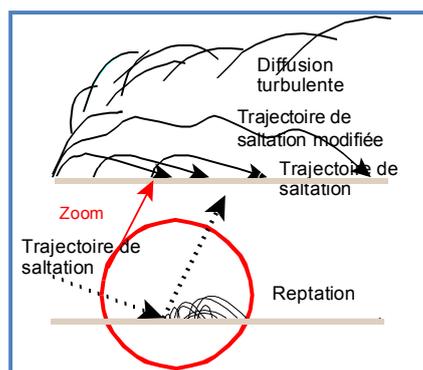


Figure 1. Les différents mécanismes de transport de neige par le vent



Figure 2. La diffusion turbulente : les crêtes fumant (crédit : H. Bellot).



Figure 3. Un capteur japonais de transport de neige par le vent : le SPC – Snow Particle Counter (crédit : H. Bellot).



Figure 4. Des essais sur modèles réduits de transport de neige par le vent dans une soufflerie climatique (crédit : F. Naaim-Bouvet).

3 LES OUVRAGES A VENT PARAVALANCHES

Quatre types d'ouvrage à vent paravalanche sont utilisés actuellement. Ce sont :

- les barrières à neige (Figure 5),
- les vire-vent (Figure 6),
- les toits- buses (Figure 7),
- les pupîtres (Figure 8).



Figure 5. Auris-en-Oisans_ Barrière à neige avec son dépôt de neige sous vent de Nord-Ouest (ONF-RTM 38, déc 2012)



Figure 6. RTM du Capet, pose d'un panneau vire-vent à tablier tenu et porté par un poteau unique (ONF_RT M 64-65).



Figure 7. Toits buses en crête du couloir du Theil RTM de Barèges (ONF-RTM 64-65).



Figure 8. Alignement d'ouvrage à vent (pupîtres P à droite et toits-buses à gauche) en crête orientale du couloir du Combal - Larche (cliché RTM 04).

Le principe de fonctionnement (Figure 9), l'entretien et les coûts de tels dispositifs sont décrits.

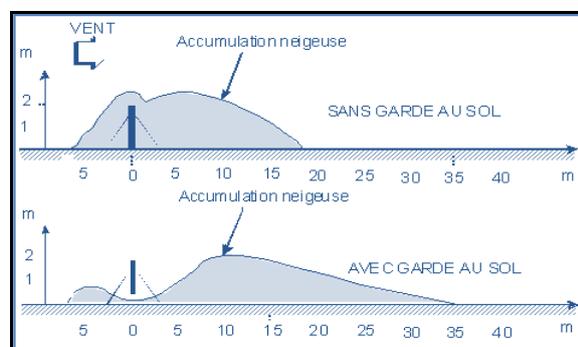


Figure 9. Forme de la congère en fonction de la garde au sol.

Ils sont complétés par un recensement non exhaustif des ouvrages à vent paravalanches réalisés pendant l'été 2012 sur les massifs alpin et pyrénéen, à l'occasion de visites de site avec enjeux à l'aval. Il a été noté qu'une grande majorité des ouvrages visités est ancienne. Les implantations réalisées ont une trentaine d'années, seule le RTM du Capet à Barèges en Hautes-Pyrénées a bénéficié à l'automne 2012 d'un complément d'équipement de lutte contre le transport éolien de la neige par mise en place de quatre vire-vent.

La plupart des sites équipés visités constitue, avec la présence le plus souvent d'ouvrages de rétention du manteau neigeux (râteliers, filets, claies), un dispositif de protection paravalanches en zone de départ d'avalanche. Certains, soit du fait des sollicitations éoliennes, soit par défaut d'entretien sont partiellement ou totalement endommagés. Dans la plupart des cas leur fonctionnalité hivernale a été constatée et les objectifs alloués lors de leur conception atteints.

Localisation	Ouvrages	Nb	Implantation	Matériaux	Dimension L(m)x H(m)	Liaison ouvrage-sol	Objectif	Haubanage	Ouvrages paravalanches
Macot-La Plagne Site CLPA n°35 Grand Lognan	Barrière à neige Type Labouly	1	Alignement en versant de part et d'autre rupture de pente	Bois pour poteaux et lattes du tablier	72 x 3 garde au sol variable de 0 à 0,50m porosité : 50%	Poteaux avec fiche dans sol	Fixer le dépôt de neige en marge du couloir sur épaulement.	Câbles de part et d'autre des poteaux et en bout de ligne	Râteliers, Filets, Digue déflectrice, implantés a posteriori
Macot-La Plagne Site CLPA n°35 Grand Lognan	Barrières à neige auto-orientables sans dérive	12	Alignement en crête et en arrière de crête Nord	Acier de structure et bois pour lattes du tablier	garde au sol : 0,50m porosité : 50 %	Poteaux avec fiche dans sol	Modifier le dépôt de la neige sur l'épaulement Nord du couloir	Câbles de part et d'autre des poteaux et en bout de ligne	Râteliers; Filets, Digue déflectrice implantés a posteriori



Figure 10. Extraits du recensement

La dernière partie de l'ouvrage est dédiée à la conduite de projets et aux études préalables permettant d'implanter les ouvrages. Elle s'appuie sur deux exemples, celui des couloirs de Combal (col de Larche-Alpes de Haute-Provence) et celui du couloir du Theil (Barèges-Hautes Pyrénées) (Figure 11).



Figure 11. Toits buses et leur sillage dans le manteau neigeux en marge du couloir du Theil équipé en lignes de râteliers.

2 LE SOMMAIRE DE L'OUVRAGE ET SA DIFFUSION

Ce guide technique financé par le ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) sera téléchargeable fin 2013 sur le site www.avalanches.fr. Son sommaire détaillé est ainsi le suivant.

1. Introduction

2. Le vent

- 2.1. Vitesse moyenne du vent
- 2.2. Longueur de rugosité
- 2.3. Vitesse de frottement

3. La neige et ses métamorphoses

- 3.1. Formation des différents cristaux de neige
- 3.2. Modifications des cristaux de neige au cours de leur chute
- 3.3. Evolution du manteau neigeux

4. Le transport de la neige par le vent

- 4.1. Processus physiques
 - 4.1.1. Entraînement aérodynamique des particules
 - 4.1.2. Les différents mécanismes du transport éolien de la neige
 - 4.1.3. Les quantités de neige transportées
- 4.2. Métrologie : capteurs de transport de neige par le vent
 - 4.2.1. Les capteurs mécaniques
 - 4.2.2. Les capteurs acoustiques
 - 4.2.3. Les capteurs optiques
- 4.3. Les problèmes liés au transport de la neige par le vent
 - 4.3.1. La formation de corniches

4.3.2. La formation de plaques à vent

4.3.3. La répartition de la neige

4.3.4. Erosion des crêtes

4.3.5. Cas particulier des écoulements tridimensionnels

4.4. La modélisation du transport de neige par le vent

4.4.1 La modélisation physique

4.4.2 La modélisation numérique

5. Ingénierie des ouvrages à vent paravalanches

5.1. Les barrières à neige

5.1.1. Murs en pierres et barrières à neige opaques

5.1.1.1. Principe de fonctionnement

5.1.1.2. Efficacité

5.1.2. Les barrières à neige perméables

5.1.2.1. Principe de fonctionnement

5.1.2.2. Caractéristiques techniques et influence sur le dépôt

5.1.2.3. La porosité

5.1.2.4. La garde sol

5.1.2.5. Longueur de dépôt de neige, hauteur et longueur de la barrière à neige

5.1.2.6. Effet de la pente du terrain sur le dépôt de neige

5.1.2.7. Orientation d'une barrière par rapport à la direction du vent

5.1.2.8. Positionnement d'une barrière par rapport aux zones de départ d'avalanche

5.1.2.9. Les différents types de barrières à neige

5.1.2.10. Entretien et coût

5.2. Les vire-vent

5.2.1. Principe de fonctionnement

5.2.2. Entretien et coût

5.3. Les Toits- buses

5.3.1. Principe de fonctionnement

5.3.2. Entretien et coût

5.4. Les pupitres

5.4.1. Principe de fonctionnement

5.4.2. Entretien et coût

5.5. Inventaires et caractéristiques des ouvrages à vent paravalanches

6. Conduite d'un projet et études préalables

6.1. Mise en garde dans le cas des zones de départ d'avalanche

6.2. Etude de la topographie locale

6.3. Le climat local

6.4. Détermination des vents au sol de la zone à protéger

6.5. Implantation des ouvrages

Annexe 1. Les brise vent végétaux

A.1.1. Protections pare-congères végétales

A.1.2. Haies pare-congères

A.1.3. Bandes boisées

A.1.4. Plantation en zone d'ablation

A.1.5. Choix des essences et entretien

10 REFERENCES

- AFNOR Norme française NF P95-305 "Equipements de protection contre les avalanches : barrières à neige / spécifications de conception » 13 p.
- Chaudary V., Gursharan S. 2006. Structural Measures for Controlling Avalanches in Formation Zone, Defence Science Journal, Vol. 56, No. 5, pp. 791-799
- Chaudary V., Mathur, P. 2004. Composite avalanche control scheme developed for the lower Himalayan zone; a case history. Cold Region Sci. Technol., 39, 243-55.
- FAO 1985. Avalanche control, guide 5, Rome, <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD075E/AD075e00.htm>
- Jaedicke, C., Naaim-Bouvet, F., Granig, M. 2004. Wind-tunnel study of snowdrift around avalanche defence structures. Annals of Glaciology, vol. 38, pp. 325-330.
- Margreth, S. 2007. Defence structures in avalanche starting zones. technical guideline as an aid to enforcement. Technical report, FOEN Federal Office for the Environment, Bern, WSL Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos.
- Margreth S., Burkard A. 2010. Paravalanches et barrières à neige. Université Européenne d'Eté sur les avalanches, 13 au 17 septembre 2010, Les deux Alpes, France. <http://www.risknat.org/pages/universites/UEE2010/modules/UEE2010-Module8.pdf>
- Montagne, J. T. McPartland, A. B. Super, and H. W. Townes. 1968. The nature and control of snow cornices on the Bridger Range, southwestern Montana, by]. Dept. of Agriculture. Forest Service. Alta Avalanche Study Center. Miscellaneous Report 14.
- Naaim-Bouvet F., Naaim M., 2002. Transport éolien de la neige : processus physiques et modèles, 392 p., FRE. Série Equipements pour l'eau et l'environnement, n° 25, Cemagref-Editions.
- Naaim-Bouvet, F., Naaim, M., Michaux, J.L. 2002. Snow fences on slopes at high wind speed: physical modelling in the CSTB cold wind tunnel. Natural hazards and earth system sciences, vol. 2, n° 200, pp. 137 – 145.
- Sivardière F., Castelle T. 1992. Ouvrages à vent en montagne: inventaire et diagnostics en Valais. 205 p. Manuel EPFL / Service des Forêts et du Paysage du Valais, 2 classeurs.
- Taillandier J-M. 2003. Ouvrages à vent paravalanches. TRACE 2003 Les moyens de prévention des avalanches par la maîtrise du vent, Edition R. Bolognesi- E. Basseti, pp. 101-111.