



Nouveaux types d'ouvrages de retenue et de freinage expérimentés en Suisse contre les avalanches

J. Rolley

► To cite this version:

J. Rolley. Nouveaux types d'ouvrages de retenue et de freinage expérimentés en Suisse contre les avalanches. Revue forestière française, 1955, 1, pp.1. <10.4267/2042/27052>. <hal-03383998>

HAL Id: hal-03383998

<https://hal.science/hal-03383998v1>

Submitted on 18 Oct 2021

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.



HAL Authorization

Dans ce numéro: J. ROLLEY: Nouveaux types d'ouvrages de retenue et de freinage expérimentés en Suisses contre les avalanches. — L. GARAVEL: Comportement glaciaire et fluctuations climatiques. — C. JACQUIOT: Importance des recherches physiologiques en matière forestière. — E. PARANT: Réserve affouagère et série financière. — A. SCHAEFFER: Rou'e ou Piste. — H. SALLENAVE: Le reboisement de la zone littorale d'une forêt de dunes.

NOUVEAUX TYPES D'OUVRAGES DE RETENUE ET DE FREINAGE expérimentés en Suisse contre les avalanches

AVANT-PROPOS

La deuxième session du Groupe de Travail de la Correction des Torrents, et de la Lutte contre les Avalanches, appartenant à la Commission Européenne des Forêts de la F.A.O., s'est tenue en Suisse du 27 juin au 7 juillet 1954. Les membres du groupe se sont réunis à Davos.

La première session, plus spécialement consacrée à l'étude des travaux de correction torrentielle, s'était déroulée au cours de l'été 1952 dans les Alpes françaises. La « Revue Forestière Française » en a rendu compte dans sa chronique du numéro de septembre 1954.

Le second voyage d'études, magistralement organisé par le Service Forestier Fédéral, mais malheureusement contrarié par le mauvais temps, s'est effectué à travers les Cantons des Grisons, d'Uri, du Tessin, de Berne et du Valais. En outre, deux séances de travail ont été tenues, l'une à Sedrun à mi-séjour, l'autre à Sierre le dernier jour.

Huit pays: l'Allemagne, l'Autriche, l'Espagne, la France, l'Italie, la Norvège, la Suisse et la Yougoslavie, représentés par 23 experts, ont participé à ces travaux sous la présidence de M. l'Inspecteur général MESSINES. MM. RENEUE et ROLLEY complétaient la Délégation française. D'unanimes regrets marquèrent l'absence du Vice-Président, M. A.-J. SCHLATTER, Chef de l'Inspection fédérale, empêché. M. T. FRANÇOIS, de la Division des Forêts, représentait la F.A.O.

Au cours du voyage, jalonné de Davos à Sierre par Pontresina, Sedrun, Andermatt et Interlaken, tous les problèmes relatifs à la

lutte contre les avalanches ont été discutés sur le terrain. Les membres participants purent ainsi, après une visite de l'Institut Fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches au Weissfluhjoch-sur-Davos, examiner au long de l'itinéraire les réalisations les plus modernes en matière de lutte contre les avalanches.

L'article de J. ROLLEY s'attache à mettre en lumière les nouveaux types d'ouvrages actuellement en observation en Suisse, dans les périmètres de protection contre les avalanches. On prendra connaissance avec intérêt et une réelle admiration des efforts considérables réalisés par les Ingénieurs forestiers suisses dans la conception et la mise au point d'ouvrages de défense, minutieusement étudiés par les techniciens de l'Institut Fédéral de la neige, qu'anime si efficacement le Dr M. de QUERVAIN.

P. R.

*
**

Les avalanches catastrophiques des hivers 1950-51 et 53-54 ont amené les forestiers Suisses à intensifier considérablement les travaux de lutte contre ces phénomènes qui causent presque chaque année dans leur Pays la perte de nombreuses vies humaines et de très importants dégâts matériels.

Grâce aux nombreuses recherches théoriques et pratiques menées principalement à l'Institut Fédéral du Weissfluhjoch près de Davos depuis sa création en 1943, ils ont été très rapidement en mesure de multiplier les travaux de défense dans les secteurs les plus menacés en utilisant de nouveaux types d'ouvrages calculés d'après les données les plus récentes et fabriqués avec les procédés industriels les plus modernes.

Ce sont les résultats de cet effort considérable qu'ont pu admirer en juin et juillet dernier les membres du Groupe de Travail de la Correction des Torrents et de la lutte contre les Avalanches de la Division des Forêts de la F.A.O. qui effectuaient en Suisse leur voyage d'études biennal.

*
**

Cette courte note a pour but de décrire sommairement les nouveaux types d'ouvrages construits et de souligner les particularités de chacun d'eux.

Il convient en premier lieu de préciser que plusieurs d'entre eux sont encore au stade expérimental et que leur mise au point définitive ne pourra intervenir qu'après étude de leur comportement au cours d'une ou plusieurs saisons hivernales très neigeuses, l'hiver dernier assez pauvre en précipitations dans plusieurs cantons suisses, n'ayant pu être pleinement mis à profit dans ce sens.

Les types décrits sont à rattacher d'une part aux ouvrages de retenue articulés du type ratelier, aux ouvrages en câbles ou treillis,

enfin aux ouvrages de freinage du type coin. Ces termes correspondent à ceux de la nomenclature technique pour les travaux de défense contre les avalanches publiée par l'Inspection Fédérale des Forêts en novembre 1953.

1° OUVRAGES DU TYPE RATELIER

Il y a lieu de souligner que tous ces ouvrages comme d'ailleurs ceux du type coin ont un point commun: celui d'être composés d'éléments préfabriqués.

La rapidité de construction des ouvrages paravalanches est en effet un impératif catégorique, car il est nécessaire d'édifier dans le court délai d'une saison estivale le plus grand nombre possible d'ouvrages de façon à assurer une protection efficace aux agglomérations, voies ferrées, routes menacées au retour d'un nouvel hiver. Cette préoccupation s'est surtout manifestée cette année en Suisse à la suite des funestes avalanches de janvier dernier, répétition des désastres de 1951.

Les matériaux utilisés pour la construction des rateliers modernes sont de deux sortes bien différentes: le béton précontraint, et le métal léger.

Les rateliers en béton précontraint sont fabriqués en Suisse par la Société Vobag de Zurich. Ils se composent de trois éléments constitutifs: les arcs-boutants, simples poutres de béton à armature précontrainte comportant une fourche à une extrémité — les montants latéraux, lisses à la partie inférieure mais comportant toutefois un rēdan contre lequel s'appuie l'arc-boutant, échancrés à la partie supérieure pour permettre le logement des traverses du ratelier — enfin ces dernières à section en forme de T. (*Voir photo 1.*)


Il existe plusieurs modèles de ces rateliers suivant la pression de neige qu'ils sont appelés à supporter et la hauteur maximum de la couverture neigeuse hivernale qu'ils doivent ancrer au sol. Le type le plus courant est celui dit B 3, d'une longueur de 4 mètres, calculé pour une pression de neige de 4 à 6 T par mètre carré et pour une hauteur de neige mesurée perpendiculairement à la pente de 3 mètres. Le poids des éléments va de 150 à 400 kg environ. Ils ne sont transportables que par camionnette, wagonnet ou câble. C'est ce dernier moyen de transport qui est le plus utilisé dans les secteurs accidentés. Il permet également l'approvisionnement des chantiers en sable, eau, gravier pour la construction des fondations. Etant donné le poids élevé du ratelier, 2 560 kg pour le type B 3, ces dernières doivent être particulièrement solides et soignées. Elles sont constituées de massifs en béton armé ordinaire comportant des logements où s'encastrent l'extrémité inférieure des pieds droits et des montants latéraux. Certains de ces rateliers peuvent porter,


notamment ceux situés à la partie supérieure d'un dispositif de défense, un matelas de terre destiné à les mettre à l'abri des chutes de pierres. Ce remblai de 40 à 50 centimètres d'épaisseur est étendu sur des plaques de béton spéciales qui comblerent alors l'espace libre entre les traverses du râtelier (*Photo 2*).

Ces râteliers lourds, mais d'une haute résistance, ne sont édifiés que sur des sols stables et solides. Leur prix de revient est estimé en moyenne pour le type B 3 tous frais compris, à 300 F suisses le mètre linéaire pour les râteliers ordinaires et à 400 F suisses pour les râteliers remblayés. La dépense se décompose en : 50 % pour l'achat des éléments, 10 à 15 % pour les transports, 35 à 40 % pour les fondations et le montage. Utilisés seulement depuis peu de temps, il n'est pas possible de porter un jugement définitif sur la durabilité de ces râteliers liée essentiellement au comportement du béton précontraint aux hautes altitudes. (*Photo 3*.)

Le deuxième matériau utilisé pour la construction de râteliers articulés est le métal léger, c'est-à-dire l'aluminium ou ses alliages.

Deux maisons suisses construisent actuellement des râteliers en métal léger, ce sont : les Usines de Rorschach (Thurgovie) et la Société d'Aluminium de Chippis près de Sierre (Valais).

La première de ces firmes utilise essentiellement des profilés de tôle en alliage d'aluminium (AL-3 Mg). Il existe plusieurs types de râteliers ; le plus couramment employé se présente sous l'aspect d'un râtelier de 4 m de long composé de 2 chevalets représentant la construction portante et d'un certain nombre de traverses fixées sur ceux-ci. Un chevalet est composé d'un arc boutant qui a la forme d'un tube rectangulaire et est fixé par un assemblage articulé à un montant d'une section transversale en  Les traverses ont une section trapézoïdale. Elles peuvent être placées à une hauteur quelconque sur les montants. Elles sont adaptables aux différentes conditions de neige. Les fondations consistent en plaques d'acier galvanisé ou en massifs de béton. Leurs dimensions dépendent de la pression admissible sur le sol et de la pression de la neige.

Certaines variantes existent dans ce type de râtelier, notamment en ce qui concerne les arcs-boutants qui peuvent être cylindriques. D'autre part les traverses peuvent avoir une section en  simple. Elles ne sont plus alors mobiles, mais fixées ne varient sur les montants. Ces traverses d'aluminium peuvent être également remplacées dans les zones où les chutes de pierres sont à craindre par des poteaux de bois imprégnés fixés aux montants par des étriers en fil de fer galvanisé. (*Photo 4*.)

Le poids de ces râteliers est très faible. A titre d'exemple, un râtelier de 4 m de longueur (8 traverses) dont les montants et les arcs-boutants ont 4,60 m de longueur, c'est-à-dire pouvant fixer une couche de neige de 4 m de hauteur maximum sur une largeur



PHOTO n° 1.

Râteliers système Vobag avec matelas de protection.

(Cliché Rolley.)



PHOTO n° 2.

Ensemble de râteliers en béton précontraint système Vobag
protégeant Pontresina (Engadine).
(Cliché Rolley.)



PHOTO n° 3.

Vue partielle du périmètre de protection d'Airolo (Tessin). Râteliers
Vobag. Cliché Rolley.)





PHOTO n° 4.

Râteliers en métal léger
système Rorschach.
(Cliché: Service forestier suisse.)

utile de 6 mètres, pèse 360 kg au total, les tôles étant respectivement de 5,5 mm, 3,5 mm et 3 mm d'épaisseur pour les montants, traverses et arcs-boutants.

Le prix de revient au mètre linéaire de ces râteliers est évidemment fonction, dans une très large mesure, des conditions locales de transport et des facilités plus ou moins grandes rencontrées dans l'exécution des fondations. Dans des conditions moyennes, il est estimé à environ 500 F suisses par mètre linéaire pour les grands ouvrages de 4 m de hauteur avec fondations en plaques de béton préfabriquées et à 400 F pour des ouvrages de 3 m de hauteur. Si l'on utilise des traverses en épicéa imprégnées de sulfate de cuivre au lieu de traverses d'aluminium, le prix de revient peut être abaissé à 300 F suisses par mètre linéaire d'ouvrage de 3 mètres de hauteur.

La Société Anonyme pour l'Aluminium de Chippis a mis également au point un type de râtelier en métal léger. Le métal utilisé est un alliage d'anticorodal et de perunal B laminé sous presse. Ce matériau est d'une grande dureté et d'une excellente résistance à la corrosion. Les râteliers du type Chippis (*Photo 5*) ont une longueur normale de 7,50 m. Ils sont construits en 3 modèles pour des hauteurs de neige de 3 m, 3,50 m et 4 m. Les arcs-boutants sont cy'indriques. Ils sont fixés par un assemblage articulé en forme de fourche aux montants à section transversale en forme de rail. (*Photo 6.*) Les traverses sont à section en  simple ou en  à ailes débordantes à la partie supérieure. Ces traverses sont mobiles le long des montants et peuvent être placées à la demande. Les fondations généralement utilisées sont, soit des semelles en béton armé préfabriquées d'un poids unitaire de 60 kg assemblées par 3 ou 4 éléments soit, pour des terrains de très faible résistance, des fers Zores galvanisés de 1 m de long pesant 14 kg par élément. Les arcs-boutants sont articulés sur les semelles. Dans certaines circonstances spéciales, ces râteliers peuvent être non plus portés par des arcs-boutants mais retenus par des tirants scellés dans le rocher à l'amont de l'ouvrage.

Comme les râteliers du type Rorschach, les râteliers Chippis sont d'un poids très faible. Le tableau ci-dessous permet de les comparer entre eux et avec les râteliers Vobag.

TABLEAU.

Système	Hauteur de la neige normalment à la pente (m)	Longueur du râtelier (m)	Poids par râtelier (sans les fondations) (kg)	Poids par mètre linéaire (kg)	Poids de l'élément le plus lourd (kg)
Chippis	3,00	7,50	412	55	62
Chippis	3,50	7,50	502	67	62
Chippis	4,00	7,50	608	81	62
Rorschach ..	4,00	4,00	361	90	70
Vobag	3,00	4,00	2650	640	396
Vobag	4,00	4,00	3400	850	585

En ce qui concerne le prix de revient, celui d'un râtelier Système Chipris construit pour une hauteur de neige de 3 m avec fondations, de béton peut, en conditions moyennes, être estimé à 320 F suisses environ le mètre linéaire.

Les avantages des râteliers en métal léger sont évidents : faible poids des éléments permettant un transport facile, montage aisé, durabilité. Leur emploi est donc recommandé dans les régions escarpées sur les sols peu résistants et même en faible mouvement ; dans ce cas, on relie d'une façon rigide la partie inférieure des arcs-boutants et des montants de façon à éviter une déformation irrégulière du râtelier qui compromettrait sa stabilité.

2° OUVRAGES EN RÉSEAUX DE CÂBLES

L'utilisation d'ouvrages en réseaux de câbles pour retenir les avalanches est récente en Suisse puisque les premiers essais datent de l'hiver 1951-1952.

Ces ouvrages ont l'aspect soit de filets rectangulaires larges de 1,50 m à 2 mètres et de 2 à 3,50 m de haut tendus à la partie supérieure et ancrés au sol à la partie inférieure, soit de filets triangulaires de 2 mètres de base et de hauteur.

Les câbles utilisés sont en acier galvanisé de 8 à 10 mm de diamètre. Ils forment une espèce de réseau à mailles de 22 à 33 cm. Ces filets sont fabriqués par la Tréfilerie de Brugg (Argovie).

La mise en place de ces réseaux s'effectue soit en les fixant à la partie supérieure sur un câble tendu entre deux escarpements dans le cas de couloirs rocheux, soit plus généralement en les maintenant déployés à l'aide de deux arcs-boutants en bois (Pin imprégné) souvent reliés par une traverse à la partie supérieure et maintenus dans une position sensiblement normale à la pente par deux câbles simples ancrés obliquement à l'aval. (*Photo 7.*) Un point essentiel est à souligner : les pieds des arcs-boutants sont li-

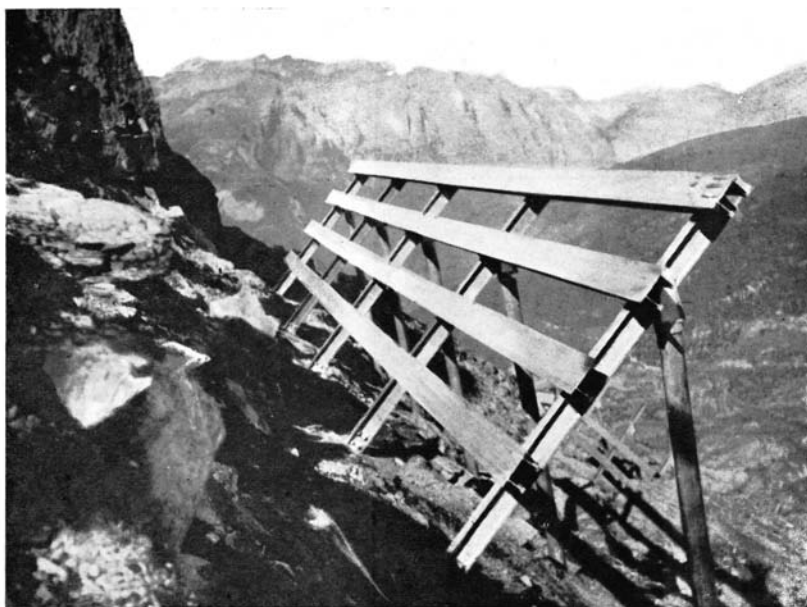


PHOTO n° 5.
Râtelier en métal léger système Chippis.
(Photo: Service forestier suisse.)



PHOTO n° 6.
Liaison articulée et détails de construction du râtelier Chippis.
(Photo: Service forestier suisse.)

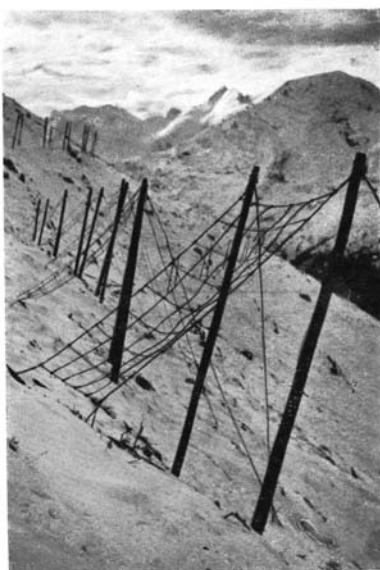


PHOTO n° 7.
Série d'ouvrages
en réseaux de câbles.
(Photo: Service forestier suisse.)



PHOTO n° 8.

Chevalet de freinage en béton précontraint système Vobag.

(Photo : Vobag.)

bres et simplement posés dans une légère excavation. Il est en effet indispensable que ceux-ci puisse se redresser lorsque le filet se trouve gonflé de neige. L'ancrage du filet à l'amont doit être effectué avec soin. Les forces de pression de la neige sur l'ouvrage sont transmises en effet en grande partie sous forme de traction. Cet ancrage est généralement assuré à l'aide de piquets d'acier scellés dans un massif de maçonnerie ou le cas échéant dans le roc.

Ce procédé de retenue des avalanches s'avère efficace dans les zones de départ. Les ouvrages sont de plus légers, élastiques, résistants notamment aux chutes de pierres, aisés à mettre en œuvre et assez économiques puisqu'un filet de 4 m² revient en moyenne à 220 francs suisses y compris arcs-boutants, transport et fondations d'ancrage. Les points faibles de ces dispositifs sont toutefois la durabilité réduite des poteaux de bois et la résistance insuffisante des câbles aux altérations dues à l'humidité et aux intempéries. On essaye toutefois de parer à ces inconvénients en utilisant d'une part des portiques en métal léger pour supporter les filets qui sont d'autre part badigeonnés d'un enduit à base de goudron. Les portiques sont munis de semelles préfabriquées et liés à ces dernières par un assemblage à rotule.

3° OUVRAGES DE FREINAGE DU TYPE COIN

Par opposition aux ouvrages de défense active du type râtelier installés dans la zone de déclenchement des avalanches, les systèmes de freinage servent à arrêter les coulées avant qu'elles n'atteignent les objets menacés. Ces ouvrages ont été utilisés semble-t-il pour la première fois dans le Tyrol autrichien sous une forme très simple, celle de coins murés et même de monticules de terre gazonnée judicieusement disposés. D'après cette idée, et compte tenu des résultats encourageants obtenus par ces constructions économiques, la maison Vobag a mis au point avec le concours de l'Institut Fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, des chevalets de freinage en béton précontraint. Il s'agit schématiquement de tétraèdres aux flancs ajourés composés d'une forte poutre oblique sur laquelle sont fixées des traverses profilées de moindre section. (*Photo 8.*) De solides fondations achèvent de donner à l'ensemble une grande rigidité. L'arête principale du chevalet fait face à la coulée. De cette façon, la neige en mouvement est rejetée en grande partie de chaque côté du coin, le reste se forçant avec peine un passage entre les traverses se trouve ainsi considérablement freiné. Ces chevalets sont disposés sur le trajet de la coulée là où sa force est présumée la plus grande et de telle façon que leurs effets de freinage se complètent et se renforcent mutuellement.

Une installation d'essai a été réalisée en 1953 avec des coins Vobag dans la commune de Medel (Grisons). Toutefois, il n'a pas

été possible jusqu'à présent de porter un jugement définitif sur son efficacité en raison de la rareté des avalanches au cours de l'hiver dernier dans le périmètre d'expérimentation.

Au point de vue pratique, il convient de préciser que l'arête du coin freineur Vobag a 5 mètres de longueur et que les écartements des pieds des plus grandes traverses entre eux et avec l'arête principale sont respectivement de 4 mètres et 4,75 mètres. Le poids total d'un chevalet est de 5,8 T. L'élément le plus lourd pèse 1,18 T. Les divers éléments en béton sont calculés pour une pression de 10 tonnes par mètre carré. Enfin, le prix de revient par ouvrage est d'environ 4 000 francs suisses, dont 44 % pour l'achat, 14 % pour les transports et 42 % pour les fondations (9 m³ par ouvrage).

La lecture de ces quelques pages aura sans nul doute convaincu les spécialistes français de la lutte contre les avalanches du haut intérêt présenté par les plus récentes réalisations suisses dans ce domaine. Sans doute convient-il pour plusieurs d'entre elles d'attendre les résultats des observations qui seront effectuées sur leur comportement au cours des prochains hivers. Il est cependant possible d'en tirer dès maintenant d'utiles enseignements.

Les conditions particulières de la lutte contre les avalanches dans notre pays où ces phénomènes n'ont pas en général l'ampleur et la violence qu'ils revêtent en Suisse, de même que des considérations financières liées à la modicité des crédits budgétaires, pourront amener les spécialistes français à modifier quelque peu les caractéristiques des ouvrages qu'ils pourraient être amenés à réaliser d'après les exemples suisses. C'est toutefois le mérite des techniciens de ce Pays, où la nivologie fait l'objet des recherches scientifiques les plus poussées, d'avoir une fois de plus montré la voie dans ce domaine.

J. ROLLEY.
