Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 105 (1954)

Heft: 7

Artikel: Travaux de protection contre les avalanches dans les Hautes-Pyrénées et notamment à Barèges

Autor: Chimits, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766661

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

line of natural forest cover. The latter are increasingly being built of such materials as light alloys, pre-stressed concrete, steel cable networks etc., which all do not require heavy maintenance costs. Besides, the traditional materials, wood and iron, are still being used. The modern knowledge and aspects regarding the lay-out of foundation and construction of snow supporting structures are then being dealt with.

Snow supporting structures may be supplemented by *constructions controlling snow drift*. Their main purpose is to prevent snow from being carried away and drifted leeward, or to hinder or disturb deposit of such snow in potential avalanche break-off areas.

Constructions within the tumbling path of an avalanche may be erected to prevent sliding snow from causing damage, such structures consisting of *"slow-down elements"* (wedge-shaped masonry, earth humps, articulated A-frames, steel cable network), of *direct catchment walls* and of *diverting structures* (galleries, masonry wedges). All such constructions do not, however, hinder the avalanches from sliding. They may be useful in cases where the tumbling path is clearly defined. *Palisades* and similar pile-work do not lend themselves to avalanche control. They may be useful, however, to stop wet snow from creeping, slow movement which is very destructive to vegetation.

A record of all avalanche protection projects completed or under construction in Switzerland is attached to the chapter dealing with permanent protection measures.

Measures of *immediate protection* may be applied according to the necessities of each individual case, and require careful preparation. Such means are: *Avalanche hazard forecast and warning service* (efficiently developed in Switzerland and parts of Austria); *releasing of avalanches by means of explosives* as a measure of prevention; *closing or evacuating* of certain danger areas, and the *avalanche rescue service*. The traditional equipment of rescue patrols has recently been supplemented very successfully with avalanche dogs and air crafts. Transl. *A. Huber*

Travaux de protection contre les avalanches dans les Hautes-Pyrénées et notamment à Barèges

Par *P. Chimits,* ingénieur des Eaux et Forêts à Pau

(38.8)

Vue d'ensemble des problèmes de protection contre les avalanches dans les Pyrénées

Les divers problèmes de protection contre les avalanches dans les Hautes-Pyrénées peuvent être classés en:

1° Protection provisoire des chantiers de montagne.
2° Protection des routes.
3° Protection des agglomérations.

Figure 1

Avalanche du 3 mars 1951, cubant 60 000 m³, partie de la série domaniale de Gavarnie, division de Hount-Grane, et obstruant le Gave de Pau et la route nationale n° 21 de Luz à Gavarnie

1° Protection provisoire des chantiers de montagne

La protection des chantiers de montagne pendant la durée des travaux (trois à quatre hivers) s'est posée à l'Electricité de France, depuis 1948, pour ses travaux de construction de la grande centrale de Pragnères qui comporte de nombreux percements de galeries et captations de lacs d'altitude, quelques accidents mortels et plusieurs accidents matériels ayant été causés par les avalanches.

Sur les conseils de notre prédécesseur, Monsieur l'ingénieur Sulzlee, des séries superposées de ponts à neige en rondins du système bien répandu en Suisse ont été mises en place pour la protection des baraquements, notamment à Bachebirou et à Cestrède, et ont donné satisfaction.

2° Protection des routes

Sans compter le danger pour les véhicules et les piétons présenté par les avalanches, certaines routes de montagne sont souvent obstruées par des glissements que les chasse-neige ne peuvent déblayer comme ils le font facilement d'une couche de neige uniforme. C'est le cas de la route nationale 618, près du col de Peyresourde et près du col du Tourmalet (La Mongie). A Peyresourde, à cent mètres du col, une coulée de neige se produit presque chaque année et retarde l'ouverture du col de quelques semaines. Le point de départ de la coulée de nappe de neige a été repéré deux années de suite et deux étages de ponts à neige en piliers en béton armé et charpente métallique seront construits au printemps 1954, selon plans et adjudication de travaux déjà passée en automne 1953.

La route nationale 618 dessert la station de ski de La Mongie (1800 m) et le téléférique d'accès au pic du Midi-de-Bigorre (3000 m), où se trouve un important observatoire habité pendant l'hiver. De plusieurs ravins partent de nombreuses petites avalanches obstruant fréquemment la route. Leurs divers points de départ ont été soigneusement repérés pendant deux hivers sur calques portés sur photographies et les travaux de fixation de trois de ces ravins ont déjà été adjugés. Il est à noter que quelques ponts à neige ont été exécutés sur le

---

Figure 2

Ouvrages d'essai en rondins à claire-voie à la crête du Capet qui empêchent la corniche s'ils sont orientés dans la direction du vent (1er plan) et créent la corniche s'ils sont orientés contre le vent (2e plan). Vent dominant de gauche à droite

Figure 3

Pont à neige du type fort dans la partie supérieure du ravin du Midaou. Les murs en pierre sèche situés plus bas n'ont aucune action sur la rétention de la neige

premier ravin et qu'on a pu constater que les points de départ des coulées de neige ne se font plus qu'au-dessous de ces ouvrages, ce qui montre leur efficacité de rétention des nappes de neige dans la partie supérieure et la nécessité de construire encore quelques ouvrages en dessous pour retenir les glissements qui subsistent.

Dans les deux cas (Peyresourde et La Mongie) les ouvrages sont implantés autour des points de décrochement repérés; si, au cours des hivers suivants, d'autres décrochements se produisent en dessous de ces ouvrages, il y sera remédié de la même façon, en partant par le haut, et le boisement étant entrepris sous la protection de ces ouvrages.

3° Protection des agglomérations

Une seule agglomération, Barèges (1250 m), a subi au cours de son histoire des catastrophes périodiques par les avalanches, se traduisant par la ruine de maisons et des morts d'hommes. Sa protection pose un très grave problème, dont l'étude fait l'objet de la suite de ce rapport.

La protection de Barèges contre les avalanches

Situation de Barèges et du versant avalancheux du Capet et historique des avalanches

La commune de Barèges est située dans la vallée du Bastan, affluent du Gave de Pau, orientée est—ouest, dominée par un versant exposé au nord (versant de l'Ayré), culminant à 2600 m et bien boisé jusqu'à 2000 m, ce qui le protège des avalanches, et par un versant exposé au sud (versant du Capet), culminant à 2400 m, très peu boisé (sauf les croupes artificiellement peuplées) et parcouru de haut en bas par les deux ravins avalancheux du Theil et du Midaou, qui aboutissent directement dans l'agglomération. D'autres ravins avalancheux aboutissent en aval et surtout en amont, mais ne présentent point de danger pour Barèges.

L'histoire a gardé les dates des avalanches catastrophiques et notamment celles de 1802, 1811, 1822, 1842, 1855, 1856, 1860, 1879, 1882, 1889, 1907, 1915, 1939. En outre, celles de 1879 et 1889 ont obstrué la rivière du Bastan qui traverse Barèges, créant un barrage qui, en crevant, a entraîné de graves dégâts à l'hôpital et aux maisons.

On peut se demander pourquoi, dans ces conditions, Barèges n'a pas été abandonné et reconstruit ailleurs. C'est que Barèges doit son existence aux sources thermales très réputées depuis le XVIIe siècle, très efficaces contre les fractures et les blessures de guerre, mais qui ne sont actives qu'à la source même où a été construit un hôpital militaire à droite de l'arrivée du ravin du Theil.

Depuis, Barèges est devenu une des plus importantes stations de ski des Pyrénées, ne peut plus être évacué et doit être efficacement protégé contre les avalanches.

Les deux ravins avalancheux du Theil et du Midaou

Le versant avalancheux du Capet est parcouru par des ravins, dont deux seulement, le ravin du Theil et le ravin du Midaou, aboutissent dans Barèges, après avoir collecté les avalanches de la partie supérieure. Les travaux de correction ne portent que sur ces deux ravins; les avalanches parties des autres couloirs ne peuvent qu'obstruer la route, mais sont sans danger pour l'agglomération.

Le ravin du Theil, le plus en amont, est un couloir de 2 km de développement, suivant la pente, constitué de plusieurs branches formant bassin de réception, partant de 2350 m pour aboutir à 1250 m dans le Bastan, en face de l'hôpital militaire. Sa pente moyenne est de 60 % et atteint par endroits 75 à 100 % dans la partie haute.

Le ravin du Midaou ne part que de 2200 m pour aboutir à 1200 m. Son bassin de réception est beaucoup plus large et a une pente moins forte, sauf quelques ravines qui ont certaines berges atteignant une pente de 100 %.

Historique des anciens travaux de protection

Déjà dans un mémoire sur les établissements thermaux des Pyrénées, imprimé par ordre du Comité du Salut public, en l'an III de la République (1795), étaient décrits les ravages des «lavanges» (avalanches) sur Barèges et étaient proposés comme moyen de protection «des forts, des bastions en pierre sèche de hauteur en hauteur pour couper le courant de la neige, mais ce genre de construction bien connu dans les Alpes est encore inconnu dans les Pyrénées».

Les premiers travaux ne furent entrepris qu'en 1860 par le Génie militaire, au seul ravin du Theil, pour protéger l'hôpital militaire, démoli par l'avalanche et entièrement reconstruit avec des murs de 3,50 m d'épaisseur, dans le but de fixer les glissements au point où ils avaient pris naissance. Les travaux consistèrent en:

1° 2400 mètres courants de barrières à lames jointives de 1,45 m de hauteurs, consolidées par des pieux pleins en fonte espacés de 1 m environ, établies sur les crêtes nord et ouest du ravin;

2° une série de banquettes pratiquées en déblai dans la partie supérieure du ravin, les unes consistant en une simple saignée dans le talus, les autres soutenues par des murs de soutènement en pierre sèche; le développement total de ces banquettes était de 2500 m et leur surface totale de 12 200 m²;

3° une série de barrages en pierre sèche, construits dans le thalweg d'un terrain, présentant un développement total de 350 m environ et formant des plates-formes d'une surface totale de 1750 m²;

4° une forêt artificielle, composée de 2450 pieux creux en fonte, de 3 m de hauteur et de 5 cm de diamètre, plantés sur les banquettes;

5° 4850 pieux creux et 450 pieux pleins plantés sur les pentes les plus abruptes de l'entonnoir;

6° une grande plate-forme en maçonnerie de mortier hydraulique, de 30 m de longueur et de 8 m de hauteur, établie à la jonction des deux ravines supérieures.

Deux ou trois ans après leur construction, il ne restait rien des forêts de pieux et des barrières, une bonne partie des barrages en pierre sèche était démolie et seuls avaient résisté les grands barrages et plates-formes.

A partir de 1892, l'Administration des Eaux et Forêts fut chargée de la direction des travaux. Des reboisements furent entrepris en pins sylvestres *(Pinus sylvestris)* et épicéas *(Picea excelsa)* dans la partie basse, et en mélèzes *(Larix europeae)* et pins à crochets *(Pinus uncinata)* dans la partie haute.

Faute de moyens de transport pour le ciment et l'eau, les travaux n'ont consisté qu'en banquettes de terre et en barrages en pierre sèche qu'il fallait constamment entretenir.

A partir de 1930, l'inspecteur Harle plaça des palissades composées de rails de 2 à 4 m de haut tendant un grillage à grandes mailles. Ce système s'est révélé efficace, mais coûteux à entretenir, car il fallait, après chaque hiver, remettre en état une partie des palissades. Il constituait jusqu'il y a deux ans, le meilleur du système de protection en attendant que le plan actuel finisse d'être mis en place. En même temps, les reboisements était continués et donnaient de bons résultats dans la partie basse (au-dessous de 1800 m) sur les croupes non parcourues par les avalanches avec des épicéas et pins sylvestres en bas, pins à crochets et mélèzes en haut et, sur les bords des ravins, l'aune blanc et le bouleau; mais, dans la partie haute, sauf dans les endroits protégés soit par la configuration du sol (arêtes, rochers), soit par les ouvrages, on n'arrivait à faire pousser que quelques arbres isolés à croissance particulièrement lente.

Le plan actuel de protection de Barèges contre les avalanches

Un plan nouveau de protection de Barèges contre les avalanches a été adopté, doté de forts crédits échelonnés sur plusieurs années, et est en cours d'exécution depuis trois ans. Il est basé sur les enseignements qu'ont rapporté de Suisse, notamment de l'Institut fédéral de la neige

de Weissfluhjoch à Davos, une première mission datant de 1946 et composée de MM. Guislain, Cherret et Bouverot et, postérieurement, les missions des ingénieurs des Eaux et Forêts Sulzlee et Garavel.

Des ouvrages du type «pont à neige» du modèle suisse à piliers en béton armé et platelage métallique, ont été mis en place et essayés au périmètre de La Mongie en 1947—1948 et sur le versant de l'Ayré en 1949. Le pont à neige a donné, sous réserve des modifications portant notamment sur le calcul de résistance des diverses parties de l'ouvrage, et que nous examinerons plus loin, d'excellents résultats, et c'est sur ce type d'ouvrage qu'a été bâti le plan actuel de protection de Barèges contre les avalanches.

Ce plan est souple; il a fait l'objet de modifications au fur et à mesure des observations de chaque hiver, observations faites par notre prédécesseur M. Sulzlee, puis par nous-même, et les grandes lignes de ce plan, dont l'exécution est déjà bien entamée, sont les suivantes:

A. Les moyens de mise en œuvre

Construction d'un téléférique puissant à personnel et matériel, partant de Barèges à 1220 m pour aboutir à la crête du Capet à 2220 m, le long de l'arête séparant les deux ravins avalancheux du Theil et du Midaou. De l'arrivée de ce téléférique, qui peut transporter, sur une dénivellation de 1000 m, six personnes ou 1 tonne de matériel en 14 minutes ou une charge lourde de 3 tonnes en 1 heure, partent deux petits téléfériques fonctionnant à la descente seulement et approvisionnant chacun des ravins. Ce téléférique est terminé depuis fin 1951 et a permis dès 1952, d'importantes constructions d'ouvrages.

B. Repérage des points de départ d'avalanches et études de la neige

Chaque hiver, le personnel forestier repère les points de départ d'avalanches qui sont portés sur calque couvrant une photographie à grande échelle. Au printemps, les ouvrages peuvent être implantés exactement aux points de départ des coulées de neige et l'on arrive chaque année et en partant par le haut, à l'extinction progressive de ces points de départ.

Les études sur la neige ont porté, d'une part, sur la densité (pour le calcul des ouvrages), sur les profils stratigraphiques et enfin sur la répartition de la neige sur les corniches de crêtes, observations qu'il est possible de faire grâce au téléférique équipé d'une radio et qui permet l'accès pendant l'hiver, les jours de beau temps, sur la crête avalancheuse du Capet, accès impossible l'hiver avant la mise en place de ce téléférique.

C. Les ouvrages

1° Tout le long des ravins avalancheux et leurs berges, ouvrages de bois et ponts à neige à piliers en béton armé et platelage métallique de deux modèles très robustes dont les caractéristiques, l'équarrissage et l'écartement sont donnés plus loin. Il est prévu l'exécution d'un grand nombre de ces ponts à neige entre 1600 et 2300 m. En outre, les palissades grillagées existantes sont entretenues et, si possible, rejointées au ciment.

2° Sur les crêtes sont mis à l'étude depuis deux ans divers types d'ouvrages provisoires destinés à empêcher la formation des corniches de neige.

3° A l'arrière des ravins avalancheux dans le torrent du Bastan qui traverse Barèges, et pour éviter la formation, par l'avalanche barrant la rivière, d'un lac de retenue, un barrage latéral à la rive gauche du Bastan, suivi d'une canalisation en grosse buse, a été construit en 1951 sur 150 m avec une section intérieure de 2 m sur 2 m et recouvert d'une dalle en béton armé; ainsi, si le Bastan est bouché par l'avalanche, l'eau empruntera le canal, évitant ainsi le «coup d'eau» dangereux pour l'aval.

D. Les reboisements

Nous avons vu les résultats des reboisements commencés depuis soixante ans sur les arêtes et les parties protégées. Au fur et à mesure que la neige sur les pentes et les ravins est fixée par les ouvrages, le reboisement est entrepris en pin à crochet et mélèze, à l'abri de ces ouvrages. En outre, nous avons fait venir à la pépinière de Barèges des graines de pin de montagne d'origine autrichienne, qui peut vivre à très haute altitude et a un port buissonnant.

Lorsque la neige sera entièrement fixée par les ouvrages, leur entretien étant très faible pendant vingt ou trente ans, nous espérons, malgré les conditions difficiles d'altitude et de versant, un reboisement suffisant pour rendre inutile cet entretien qui sera devenu onéreux.

Observation des points de départ d'avalanches

Depuis 1950, pendant l'hiver, le personnel forestier repère les points de départ d'avalanches, non sur des plans, mais sur photographies. Des reproductions photographiques des ravins avalancheux ont été remises aux observateurs, et les points de départ d'avalanches et glissements de neige ont été pointés très exactement sur le calque recouvrant la photographie, l'observateur se plaçant exactement au point de prise de la photographie, sur le versant de l'Ayré accessible en funiculaire, face au versant avalancheux. Il est dès lors possible à la fin du printemps, en se guidant sur les détails de la photo, de repérer de façon précise, le point de départ des avalanches et de piqueter les ouvrages aux endroits où ils sont vraiment utiles.

En outre, depuis cet hiver 1953/54, ces points de départs sont repérés au théodolite stationné sur un même point d'observation par mesure d'angles avec la direction de la tour d'arrivée du téléférique du Capet.

Etude de la neige et prévision d'avalanches

Le téléférique, équipé d'une radio, a permis d'accéder en haut du Capet pendant l'hiver, à partir de 1952, et de procéder à l'étude de la neige sur le versant avalancheux, ce qui n'était pas possible auparavant.

Les mesures de densité de neige ont montré qu'elle est plus homogène en versant nord qu'en versant sud et que les chiffres obtenus varient de moins de 0,1 pour la neige fraîche et poudreuse des corniches, jusqu'à 0,6 pour la neige lourde de printemps. Les profils stratigraphiques sont pris périodiquement à la sonde de battage pour déceler, d'une part, les points de glissement dans la couche, d'autre part, l'action des ouvrages sur la cohésion de la neige.

Des études ont porté sur l'accumulation de neige sur les corniches de crête et sur les ouvrages anticorniches.

Etant donné que nous n'avons pu commencer les études que depuis 1952, nous n'avons pas de critères sérieux en dehors des conditions atmosphériques bien connues des Barégeois (redoux, forte pluie, forte couche de neige poudreuse) et l'existence d'une couche glacée et glissante en profondeur. Nous nous contentons, lorsque nos ouvrages commencent à être entièrement submergés par la neige (ce qui se voit de Barèges par beau temps et en téléférique par temps couvert), de prévenir le maire de Barèges que les ouvrages ne peuvent plus remplir leur office, d'où nécessité d'évacuer la partie menacée de Barèges pendant la durée des conditions atmosphériques dangereuses.

Les ponts à neige utilisés

Sur le versant du Capet, les ponts à neige en bois du modèle utilisé en Suisse ou pour la protection provisoire des chantiers de montagne pyrénéens, ne peuvent être employés, car ils ne sont ni assez durables (le mélèze n'existant pas à l'état naturel dans les Pyrénées) ni surtout assez résistants. Seuls quelques-uns ont été placés dans les parties dénuées de végétation forestière, en dessous de 1800 m, non loin des boisements existants en raison des facilités d'entretien, là où la hauteur de neige ne dépasse pas 3 m, où la pente atteint au maximum 35 % et où ils sont protégés, au-dessus, par des ponts à neige plus résistants. Les piliers sont en rondins de 25 à 30 cm, espacés tous les mètres et résistant en principe à une pression de 1000 à 1300 kg par mètre linéaire d'ouvrage.

Dans la zone comprise entre 1800 et 2300 m, des ponts à neige à piliers en béton armé et poutres métalliques ont été construits selon deux types calculés selon les formules de Bucher, In der Gand et Figilister, compte tenu de l'exposition sud et de la densité de la neige de 0,5:

1° Le type fort adapté à une hauteur de neige de 4 m, sur pente dépassant 40°, est mis en place à la partie supérieure de la pente ou du ravin à stabiliser et protège les ouvrages inférieurs de type moins fort, notamment contre les chocs qui pourraient survenir tels que les chutes de blocs de glace ou de corniches de neige. Les piliers en béton armé, écartés de 4 m au maximum, ont un équarrissage de 40×40 cm et sont armés de fers ronds d'un diamètre de 1 à 15 mm. Chaque pilier est incliné de 5° environ vers l'amont. La poutre maîtresse est en fer TT 280×120 et de 4 m de longueur maximum entre appuis. La poutre amont qui est la plus près du sol repose sur de petits piliers avec un équarrissage de 200×80; d'ailleurs, le plus souvent, ces petits piliers sont en nombre double des grands piliers et écartés de 2 m seulement.

Les rails de répartition ne sont boulonnés que sur un seul bout, du côté amont, et reliés du côté aval à la poutre maîtresse par un fer tortillard. Ils peuvent résister à une pression de 15 tonnes réparties sur 4 m avec un coefficient de sécurité de 3.

2° Les ponts à neige métalliques du type moyen, à piliers en béton armé, sont placés plus bas, sous la protection des ponts à neige forts. Ils sont semblables, mais les piliers sont moins hauts (3 à 4 m de hauteur) et plus faiblement armés. Les petits piliers amont sont en même nombre que les grands piliers. La poutre maîtresse est en fer I de 180×80 et la poutre traverse amont sur petits piliers en fer I de 100×60. Un tel ouvrage est susceptible de supporter une charge uniformément répartie de 4500 kg, avec toujours le même coefficient de sécurité de 3.

Observations sur les ouvrages construits et leur résistance

Au printemps 1952, à la suite d'un fort enneigement, les ponts à neige à piliers métalliques et en béton armé du type moyen (poutre traverse de 180×80) ont cédé dans la partie supérieure du ravin du Theil par des pentes de 40 à 45°. Il est vrai que les ponts supérieurs étaient situés sous une importante corniche de la crête du Capet. Or, sur l'Ayré, situés à même altitude, mais en versant nord, les mêmes ponts à neige ont résisté, ce qui démontre bien l'influence de l'exposition et la nécessité de calculer plus forts (deux à trois fois) les ouvrages exposés en versant sud (coefficient *U* d'In der Gand et Figilister). La hauteur de neige pouvait être estimée à environ 4 m. Ces ponts ayant été calculés pour résister à des charges de 4500 kg par portée de 4 m (avec coeffi-

cient de sécurité de 3), la destruction des ponts a montré que la poussée qui s'était exercée avait dépassé 4,5 × 3 = 13,5 tonnes.

Ils ont été reconstruits pendant l'été 1952 avec des piliers en béton armé de même équarrissage de 40×40 cm, mais comportant un ferraillage renforcé calculé comme pour une poutre en béton armé encastrée à la base et supportant l'effort à l'extrémité libre, portant une poutre traverse de 280×120 capable de résister à une poussée de 15 tonnes sur la portée, avec coefficient de sécurité de 3. Les enneigements de l'hiver 1952/53 et du début de l'hiver 1953/54 ont été au moins égaux à celui de l'hiver 1951/52; les corniches surplombantes ont été aussi prononcées, et cependant, les ponts à neige du type fort ont parfaitement résisté, sous leur protection, les ponts à neige moyens ont également bien résisté. Plus bas, sur les pentes à 35° et 2 m de neige, les ponts à neige en bois ont bien tenu également.

Espacement des ouvrages

Les ponts à neige du haut du Theil, espacés de 4 à 6 fois leur hauteur, ont convenablement résisté. En revanche, sur le ravin du Midaou, par pente atteignant 45 et par endroit 50°, un important pont à neige du type fort (poutre 280×120) a cédé pendant l'hiver 1952/53, bien que protégé par un pont semblable, mais situé trop loin, à 12 fois sa hauteur verticale environ. Nous avons commis la faute de considérer que deux murs en pierre sèche anciens, construits dans l'intervalle, pouvaient retenir la neige; l'expérience nous a démontré qu'il n'en était rien, que nous aurions dû considérer l'action de ces murs comme nulle et qu'il aurait fallu construire un ou deux ponts à neige intermédiaires. En la matière, l'économie s'est montrée coûteuse, et l'espacement des ouvrages, surtout par forte pente et versant sud, doit être normal. Pendant l'été 1953, les ponts ont été reconstruits et des ponts à neige intermédiaires mis en place, en respectant les règles d'espacement et la série de ponts a résisté, remplissant convenablement son office pendant l'hiver 1953/54.

Règles actuelles de l'implantation des ouvrages dans le plan de protection de Barèges

Les règles actuelles résumées ci-dessous, compte tenu des équarrissages, de l'écartement des ouvrages et de leur implantation après observation des décrochements de neige notés les hivers précédents, seront donc respectées à l'avenir, sauf intervention de faits d'expérience nouveaux:

1° En tête, dans la partie haute, et surtout sur les corniches surplombant la crête, ponts à neige en béton armé et platelage métallique du type fort.

2° Plus bas, sous leur protection, ponts à neige à piliers en béton armé et platelage métallique du type moyen.
Dans les deux cas, l'espacement d'implantation des ouvrages sera de 4 à 6 fois leur hauteur.

3° Plus bas, et sous la protection des deux types précédents, et par pente inférieure à 35°, ponts à neige en bois.

4° Entretien et renforcement par cimentage des murs palissadés déjà construits.

5° Reboisement avec des espèces appropriées selon l'altitude, à l'abri des ouvrages fixant la neige.

6° Pour mémoire (puisqu'il est déjà construit), canal couvert de dérivation du Bastan en cas d'obstruction du torrent par l'avalanche.

L'exécution de ce programme est en cours et, sauf imprévus, demandera encore trois ou quatre ans, si des crédits suffisants continuent à être accordés.

En outre, des études sont poursuivies pour l'établissement des ouvrages ci-dessous:

a) Bien que le principe n'en soit pas encore décidé et que, de toutes façons, sa construction ne pourrait intervenir qu'à la fin des travaux de fixation précédents, construction dans la partie moyenne des deux ravins, vers 1600 m, à un endroit favorable (après coude rocheux du ravin) d'un grand ouvrage quadrillé en fortes poutres en béton armé et grands vides d'environ 2 m sur 2 m, capable de retenir des glissements qui pourraient se produire (glissements locaux et glissements de couches superficielles au-dessus des ouvrages), inspiré du type que le Service forestier espagnol a mis en place pour la protection de Panticosa (Aragon).

b) Mise en place sur la crête du Capet d'ouvrages empêchant la formation de corniches surplombantes.

C'est sur les observations faites depuis deux hivers sur quelques ouvrage d'essai anticorniches que nous terminerons ce rapport.

Observations sur les corniches de neige de la crête du Capet

La crête du Capet présente tous les hivers d'importantes et dangereuses corniches de neige accumulées par les vents dominants nord-ouest et qui surplombent les ravins avalancheux du Capet.

Ce n'est que depuis l'hiver 1952/53 que, grâce au téléférique et à la liaison radio de la cabine à la station de départ il a été possible d'aller l'hiver à la crête du Capet et d'y observer sur place les accumulations de neige et la formation des corniches. Ces observations doivent être poursuivies pendant plusieurs hivers, et dès à présent il semble que:

1° les palissades grillagées construites depuis plusieurs années juste à la crête du Capet, dans le but d'empêcher la formation de corniches et de retenir la neige du côté d'où viennent les vents nord-ouest, accumulent au contraire la neige derrière elles et provoquent de dangereuses corniches du côté de Barèges. Il faut les démolir ou les modifier;

2° les ouvrages d'essai en rondins orientés à contre-pente et autres ouvrages d'essai, notamment à claire-voie mis en place en 1953, n'ont pas donné de résultats probants ou ont donné de mauvais résultats;

3° à ce jour, seuls les ouvrages d'essai en rondins orientés de façon à continuer la pente dans le sens des vents dominants semblent disperser la neige et empêcher la formation des corniches de neige, et ceci pendant les deux années d'observations.

Ces ouvrages d'essai seront continués sur une plus grande longueur en 1954 et l'étude poursuivie.

En attendant, la protection contre les corniches surplombantes qui, on l'a vu, ont démoli des ponts à neige du type moyen, ne peut actuellement être obtenue que par l'exécution sous ces corniches de ponts à neige du type fort.

Summary

Avalanche Control Works in the High Pyrenees, Particularly in Barèges (France)

Three different problems have to be dealt with:

1. *The temporary protection of construction sites in high mountains.* Having lost a few lives and considerable material through destructive avalanches, the Electricité de France started protecting the site of construction of their hydro-power station at Pragnères since 1948. Recommended by Mr. Sulzlee and backed by experiences from Switzerland, several series of snow rakes, made of round timber, were placed near Bachebiron and Cestrède. They proved to give entire satisfaction.

2. *Protection of highways.* Besides endangering pedestrians and vehicles, snow slides often cause damage to mountain roads. Such a particular slide does, for example, obstruct every year the road at 100 meters below the Peyresourde Pass. The fracture area has now been surveyed for two years, and two rows of metal plate rakes, supported by armed concrete pillars, will be set up during spring 1954.

The National Highway No. 618, serving as access to the ski resort La Mongie (1800 m a. s.) and to the Pic du Midi-de-Bigorre cableway (which leads to an all year open observatory at 3000 m a. s.), is often closed down due to avalanche damage. The break-off area of these slides has been surveyed for two years, and barricading projects are already planned in detail for three of the respective ravines. A few snow rakes have been set up in ravine No. 1. The snow now breaks off below these structures only, thus proving their usefulness and demonstrating the need of barricading also the lower parts.

In two localities, Peyresourde and La Mongie, structures have been set up within the surveyed break-off area. Starting on top and working downhill, the whole length of the slopes will be barricaded until all avalanche hazard has been stopped. Trees are being planted between these rakes.

3. *Protection of settlements.* Barèges is the only settlement exposed to avalanche hazard. In the course of time avalanches have killed lives and destroyed homes at periodical intervals. Its protection appears to be very difficult.

The protection of Barèges from avalanches

General situation and history

The town of Barèges (1250 m a. s.) is located in the Bastan River valley, running East to West. The Southern slope (facing North), culminating at "l'Ayré" (2600 m a. s.), is covered with woodland up to 2000 m a. s., thus protecting the underlying habitations. The Northern slope, culminating at "le Capet" (2400 m a. s.), bears very little forest cover, except some patches of plantations. It is cut into three sections by two big avalanche ravines, the "Theil" and "Midaou", which both are leading directly into the town area.

Severe destructions have been recorded since 1802, in intervals of an average of 11 years. Twice, 1879 and 1889, the snow masses obstructed the river, causing heavy floods and damaging inhabitations.

Barèges has been known as a spa for several centuries, and military and civil hospitals have been established there. It is also an important winter sport centre, thus justifying an effective protection from destructive avalanches.

The ravine called "Theil" is two kilometers long and has an average slope gradient of 60 percent (31 degrees), with maxima of 75 to 100 percent. Its catchment area extends from 1250 to 2350 m a. s.

The ravine "Midaou" has a much larger catchment area, i. e. from 1200 to 2200 m a. s. Its slopes are gentler except for a few places with gradients up to 100 percent (45 degrees).

History of the previous protection work

The avalanches of Barèges have been mentioned in 1795 first, in a pamphlet describing the spas of the Pyrenees. Already then dry masonry walls were recommended to break the force of the sliding snow. The first structures, however, were set up only in 1860 by the military engineers, in order to protect the military hospital which had been destroyed and then rebuilt with walls 3,5 m thick.

These first barricades, erected in the Theil basin only, consisted of:

1. 2400 m of wind shields of 1,45 m high, along the ridges North and West of the catchment basin,
2. 2500 m of terraces, partly supported by 12 200 m² of dry masonry,
3. 350 m of walls, filled in and levelled out from behind, thus providing for 1750 m² of platforms,
4. 2450 iron palisades, made of pipes 3 m long and 5 cm diameter, planted on the terraces,
5. 4850 palisades made of iron pipes, and 450 posts, planted on the steepest slopes of the catchment basin,
6. a big cement masonry wall, 8 m high, filled in from behind and forming a platform 30 m long.

Two or three years later these palisades were carried away, the masonry demolished, and only the big barricades and platforms remained.

In 1892 the Administration of Waters and Forests took over the direction of the works. Afforestations with Pinus sylvestris and Picea excelsa in the lower parts and with Larix europaea and Pinus uncinata at higher levels, were started.

Due to economic considerations only dry masonry and earth terraces were built, which structures required heavy maintenance costs.

In 1930 fences, supported by discarded iron rails of 2 to 4 meters in length, were introduced by Inspector Harpe. This proved to be very effective, but maintenance expensive. The lower parts of the plantations, supplemented by natural Alder and Birch stands along the ravines, were growing successfully, whereas higher up only a few trees had survived.

The present protection plan

A new overall plan has now been adopted. It is based upon experiences gained in Switzerland by members of a study mission sent there in 1946 (Messrs. Guislain, Cherry, Bouverot, Sulzlee and Garavel). The new project mainly provides for metal rakes supported by pillars of armed concrete. Those have already been tested in La Mongie (1947/48) and L'Ayré (1949).

The actual construction work is facilitated by means of a cableway for men and material, leading from Barèges (1200 m a. s.) to the height of the ridge named "Capet" between the tow ravines (2220 m a. s.). From there two auxiliary cableways lead into each of the catchment basins.

The break-off zones of the avalanches are surveyed every year and the findings reported on enlarged photos. These areas are then being obstructed by barricades, this construction work advancing successively from top downhill.

During winter, snow tests investigating specific weight, ram profiles and structure of the corniches can be carried out continuously thanks to transportation by cableway.

The structure types

1. While the old-type palisades are being maintained, additional rakes are constructed of round timber or of rails supported by concrete pillars.
2. Several types of structures designed to prevent accumulation of snow cornices along the ridges are now being tested.
3. An underground canal 150 m long has been built, to divert the river water when backed up by the avalanche terminus.

The afforestations are being carried out conforming to the progress of barricading by rakes, by using Larch and Mountain Pine, the seeds of which have partly been obtained from Austria. They grow at high altitudes, forming dense brush work. It is hoped that they will fully replace construction works after some 20 or 30 years.

Snow research and avalanche hazard forecast

Ram profiles are being taken periodically to investigate the snow properties, the avalanche hazard and the effect of the protection structures upon the formation of the snow strata. This applies also to the cornices.

Every winter, as soon as the snow rakes are completely levelled in by snow, those parts of Barèges being directly menaced are evacuated for the danger period.

The type of rakes applied

Temporary rakes made of round timber on the "Capet" slopes, to protect the building sites, proved to be insufficient (Larch not being a native tree of the Pyrenees, is growing to small diameters only). Their application is therefore restricted to areas below 1800 m a. s. (where snow depths are less than 3 meters), to slopes with a gradient of less than 35 percent (20 degrees), and to places where they are protected by overlying rakes of a sturdier type. Palisades of round wood, with diameters from 25 to 30 cm, are being placed 1 m apart, thus withstanding a force of 1 to 1,3 tons per meter of palisade.

At elevations of 1800 to 2300 m a. s. rakes of the reinforced type (iron plates supported by concrete pillars, as designed by Messrs. Bucher, In der Gand and Figilister,

built to retain snow of 0,5 g/cm³ specific weight) have been erected. The pillars, with a cross-section of 0,4×0,4 m, and armed with iron of 10 to 15 mm diameter, are inserted at an angle of 5 degrees hillward from vertical. The main supporting beam is of profiled iron TT 280×120 mm and 4 m long. The rail traverses are affixed by bolts on their hill side end only. Such rakes can withstand a snow pressure of 15 tons per meter of structure, with safety factor 3.

A lighter, medium type rake is being applied at lesser elevations. Its design is similar, except for the supporting pillars being shorter (3 to 4 m) and less armed. The main supporting beam (valley side) being of I-profiled iron 180×80 mm, the hill side beam of I-iron 180×60 mm, these structures may resist to 4,5 tons per meter of structure, with safety factor 3.

The results obtained with these structures may be summarized as follows:

During spring 1952 rakes of the medium size type, established in the upper part of the Theil ravine on slopes of 40 to 45 degrees gradient, were damaged. This proves that the snow pressure must have exceeded 13,5 tons per meter of structure. Such rakes have since been reconstructed and provided with stronger supporting pillars, and have since withstood any damage.

Space between the structures

In the upper part of the Theil basin rakes spaced at intervals of 4 to 6 times their height proved to be successful. An even stronger rake, however, erected on a slope of 45 to 50 degrees in the Midaou basin, was abolished during winter 1952/53. It had been protected from above by another rake, obviously located too far apart (12 times their height). Two old masonry walls, also located at 12 times their height, proved to be ineffective. Therefore two sets of new rakes have been inserted between these existing structures, and this combination has since withstood the heavy snows of 1953/54.

Rules for the actual construction plan

For the time being, the following rules have been adopted:

1. At higher elevations rakes of the strongest type (with metal plates) will be used.
2. Between and protected by these strong rakes, similar structures of the medium size will be inserted. In both cases the interval between two structures is to be 4 to 6 times their height.
3. Below the structures mentioned under 1. and 2. simple wooden rakes will be applied on slopes of less than 35 degrees gradient.
4. Older types of structures will be reinforced and maintained in good conditions.
5. Afforestations will be carried out in the shelter of above structures.
6. Deviation canal (executed).

   Completion of these projects will require another 3 to 4 years.

In addition, tests are being made with regard to:

a) establishing "slow-down" structures in the medium parts of both ravines (approx. 1600 m a. s.), by means of a sort of armed concrete crib work spaced at 2 by 2 meters, as inspired by similar structures set up by the Spanish Forest Service in Panticosa Aragon;

b) erection of anti-cornice snow fences along the ridge of the "Capet".

Observations regarding cornices along the Capet ridge

The most dangerous cornices occur with wind blowing from North-West. Thanks to the cableway they can be studied all year round. The following has been observed:

1. Wind shields of a grill type set up on top of the ridge facilitated snow accumulation and thus contributed to the formation of dangerous cornices. Such structures must be altered or removed.
2. Round wood palisades acting as counter-slopes gave poor results (1952).
3. The only type of structures being successful up to date are round wood frameworks designed to prolong the natural slope beyond the ridge. They proved to be effective means to prevent accumulation of cornices.

These tests will be continued during 1954. Transl. *A. Huber*

Dx
38
[46

Travaux de défense contre les avalanches en Espagne

Par *José Ma de Ayerbe,* Saragosse

(38.8)

Les chutes d'avalanches d'une certaine importance ne se produisent en Espagne que dans la région des Pyrénées. C'est la raison pour laquelle les travaux qui s'y rattachent ont été limités à cette chaîne de montagnes et se sont concentrés sur la défense de la Station internationale de Canfranc, seul point où ils étaient nécessaires.

Toutefois, bien qu'il s'agisse d'un problème aussi localisé et d'un espace relativement faible, l'importance de l'objet à protéger jointe à l'intensité et au volume des avalanches en cet endroit a demandé une étude minutieuse en vue de trouver les solutions les plus efficaces.

Sise au fond de l'étroite vallée creusée par l'Aragon, à très peu de distance de sa source, au lieu dit «los Arañones» — seul endroit où l'on pouvait s'installer — la Station internationale de Canfranc et ses services annexes étaient exposés de part et d'autre aux avalanches qui dévalaient de pentes atteignant 80 % et accusant un dénivellement de plus de 1300 mètres.

La difficulté à résoudre consistait non seulement à protéger la station internationale des désastreux effets des avalanches, mais aussi d'y parvenir dans un laps de temps relativement court, étant donné qu'en raison de son caractère l'œuvre devait être achevée et, tout à la fois, protégée dans un certain délai. Les avalanches descendaient, principalement, sur la rive droite par les fondrières d'«Estiviellas» et de «Secras» et, sur la rive gauche, par les ravins de «Picauve», «Cargates», «Epifanio» et «Borreguil de Saman», menaçant tout le plateau où l'on construisait les édifices de la station et qu'affectaient, en outre, les dépôts d'alluvions provenant du régime torrentiel desdites fondrières.

Les caractéristiques spéciales du problème à résoudre, que nous venons de décrire sommairement, ont exigé, étant donné la violence et l'intensité du phénomène sous ses divers aspects, que l'on essaie de nombreux ouvrages, afin qu'après en avoir constaté les effets et les résultats, l'on possède des renseignements plus concrets donnant une connais-