

site de la part des ingénieurs un effort permanent, il existe un autre genre de phénomènes qui s'imposent d'eux-mêmes à l'attention par leur brutalité. Il s'agit des accidents.

Chaque accident de construction comporte un enseignement. Pourquoi ne pas en tirer parti ? L'idée est belle et a été développée avec talent et énergie par M. von Emperger, auquel on doit tant d'initiatives intéressantes.

Présentée à la Commission du béton armé, dès le début de ses travaux, elle a fait l'objet de rapports au Congrès de Copenhague et de New-York.

L'intervention d'un organisme international est, en effet, indispensable pour réunir des observations en quantité suffisante pour en tirer des conclusions générales. Il n'est rien de plus difficile, en effet, que d'obtenir des renseignements exacts sur un accident. Les coupables font tout pour cacher la vérité et les victimes sont souvent incompétentes. Quant aux experts, le secret professionnel ne leur permet pas de tout divulguer. A côté des accidents importants, dont la presse se fait l'écho plus ou moins fidèle, il y a des accidents courants dont on ne parle pas et à tort car ce sont eux qui forment les vrais constructeurs. De quel intérêt serait cependant une statistique sincère et détaillée de tous les accidents du béton armé, qu'il s'agisse de causes inévitables (tremblements de terre, inondations, foudre, incendie, explosions, etc.) ou de causes évitables (défaut du coffrage, faiblesse des supports, erreurs de calcul, défectuosité du béton, destruction du fer, etc.).

Mais il ne faut pas s'attendre à des résultats sérieux sans l'intervention des pouvoirs publics. Ce sont les administrations qui doivent organiser un *contrôle* suffisant pour permettre de dresser une statistique *officielle* et, par là même, impartiale de toutes les circonstances des accidents. A ce propos, il est surprenant de constater que dans certains pays, la police des constructions est réellement inexistante alors qu'elle est parfaitement organisée pour d'autres objets techniques, tels que les chaudières à vapeur, les mines, etc. Pourvu qu'ils observent l'alignement, le propriétaire et l'architecte sont libres, si la cupidité ou l'ignorance les y poussent, d'édifier un château de cartes. La répression ne les attend que s'il y a dommage à des personnes ou à des propriétés.

Les efforts faits dans cet ordre d'idées ont été couronnés d'un plein succès dans deux pays qui, d'ailleurs, depuis longtemps, disposent d'une police des constructions. Une circulaire du Ministre des Travaux publics de Prusse en date du 18 septembre 1911 a fixé la procédure à suivre pour tous les accidents aux constructions, même ceux n'ayant entraîné aucun accident de personnes et a adressé une liste d'experts chargés de l'appréciation compétente des faits. Une ordonnance analogue, mais plus générale, avait été promulguée le 8 mai 1911 par le Ministère des Travaux publics d'Autriche.

La question est donc résolue dans ces deux pays. Pour les autres il n'est pas à conseiller de produire des rapports privés dont les sources d'information ne sont pas sûres et peuvent donner lieu à réclamations. On ne peut donc qu'émettre le vœu de voir les nations latines suivre l'exemple des nations germaniques. Ce n'est certes pas que leur esprit d'indépendance puisse s'y opposer, puisque, comme nous le disons plus haut, une telle organisation existe déjà partout dans des industries anciennes et que probablement le développement rapide de celle du bâtiment est seul cause de l'inexistence d'une organisation semblable pour elle.

Le Congrès de New-York (VI<sup>e</sup> Congrès) a donc voté la conclusion suivante :

« Dans l'intérêt de la prévention d'accidents et en vue de développer la connaissance des propriétés des matériaux convenables dans ce but, il paraît indiqué que, dans chaque pays, la statistique des accidents de constructions soit organisée comme c'est déjà le cas pour les chaudières à vapeur.

« Le Congrès exprime le vœu que la Commission du béton armé travaille à l'organisation d'une telle statistique internationale et présente au prochain Congrès les rapports, groupés par pays, sur les accidents, avec les conclusions à en tirer pour la prévention d'accidents. »

Ensuite de ce vote, le Comité directeur de l'Association internationale a institué une sous-commission présidée par M. von Emperger pour l'étude de la question des accidents de béton armé.

## LA CORRECTION DES TORRENTS (1)

— ( SUITE ) —

Dès qu'ils seront stabilisés au moyen de travaux appropriés, les terrains crévassés, ébranlés, qui glissaient, seront plantés. Au fur et à mesure que se développera la végétation ligneuse, le régime du cours d'eau se régularisera et les berges des régions inférieures étant moins menacées, la construction de barrages y sera plus facile et moins onéreuse.

L'érosion régressive est assez lente, c'est une usure du lit ; l'érosion torrentielle est soudaine, brutale, puissante : celle-ci agit comme une gouge sur le bois, l'autre, comme du papier de verre. Contre laquelle faut-il lutter d'abord ? La réponse ne saurait être douteuse ; il faut aller au plus pressé, mais de là à conclure qu'il faille négliger l'érosion régressive, il y a un abîme.

Est-ce à dire encore qu'on ne doit jamais commencer une correction par le bas ? Ce serait aussi exagéré que de vouloir l'imposer dans tous les cas. Chaque torrent a ses caractères spécifiques de climat, de sol, de pente, d'exposition, d'altitude, de dénudation. Les travaux à exécuter doivent être décidés en tenant compte de tous ces éléments. Ici encore, il faut redouter les conceptions purement théoriques dans la recherche de la solution : c'est l'observation directe des faits qui doit servir de guide et voici les conclusions auxquelles était arrivé Demontzey (2).

« Quant à la marche à suivre dans les travaux, l'expérience a démontré :

« 1<sup>o</sup> Qu'il importe, avant tout, de corriger tous les ravins supérieurs tributaires d'un torrent donné ;

« 2<sup>o</sup> Que, dans le lit principal, on doit procéder de l'amont vers l'aval, en ce qui concerne les différentes sections.

« 3<sup>o</sup> Qu'au contraire, dans les combes, les travaux de l'amont devant s'appuyer sur ceux d'aval, il y a lieu de procéder généralement du bas vers le haut, à l'exception des combes sèches où l'on doit exclusivement reprendre les travaux par le haut ;

« 4<sup>o</sup> Que dans le cas de glissement sur les versants du torrent, chaque section doit être traitée comme une combe ;

« 5<sup>o</sup> Que dans chaque section, les travaux secondaires seront toujours menés de l'aval vers l'amont entre deux barrages consécutifs. »

(1) Par M. P. MOUÏN : Rapport au Congrès international forestier.

(2) L'extinction des torrents en France par le reboisement (Paris, Imprimerie Nationale 1894, p. 87.

Les résultats donnés par cette méthode éclectique n'ont pas été tels qu'il faille y renoncer. Beaucoup de corrections de torrents ont été réussies, qui ont été commencées par le haut. Mais il ne faut pas, une fois les travaux entrepris, les entrecouper, comme cela est malheureusement arrivé, par des intervalles d'inaction qui donnent à l'érosion régressive le temps d'intervenir. Ce sont ces intermittences, non moins que l'étriquement des périmètres, qui ont causé des mécomptes.

Les corrections *per descensum* se terminent d'ordinaire par l'établissement d'un solide ouvrage de base qui sert alors de couronnement à l'édifice au lieu d'en être le point de départ comme dans la méthode *per ascensum*. Dans les deux cas, cet ouvrage de base est l'obstacle posé par l'homme à l'action de l'érosion régressive.

En résumé, c'est au technicien à décider de l'opportunité de commencer les travaux de correction d'un torrent par le haut ou par le bas d'après l'examen des circonstances locales et non d'après une formule théorique qui, on vient de le voir, n'envisage qu'une des données du problème.

#### LES CORRECTIONS D'AVALANCHES

Dans les régions montagneuses, en dehors des érosions et des ravages torrentiels, il est d'autres phénomènes qui, chaque année, font des victimes, arrêtent la circulation et endommagent les propriétés de tous genres : ce sont les avalanches.

Tombées sur les versants dénudés ou non boisés des montagnes, les neiges sont sollicitées sans cesse par l'action de la pesanteur et, bien souvent, avant qu'elles aient pu fondre, elles se précipitent en nappes ou en tourbillons vers la profondeur des vallons.

Leurs dégâts sont loin d'être négligeables.

Ainsi de 1900 à 1912, dans les seuls départements de la Savoie, elles ont dévasté 1310 hectares de forêts, renversant, brisant 21 056 mètres cubes de bois ; elles ont détruit ou endommagé 134 bâtiments divers, enseveli 128 personnes (dont 27 ont péri) et 203 animaux domestiques de toutes espèces ; elles ont barré 569 fois des cours d'eau et 522 fois des voies de communication de terre ou de fer.

Dans la seule commune de Chamonix, par exemple, les avalanches ont créé dans la zone forestière des couloirs qui n'occupent pas moins de 300 hectares ainsi frappés d'une stérilité presque totale ; elles empêchent en hiver la circulation des trains en amont de cette importante localité et menacent de ruine de nombreux hameaux.

Ce n'est pas seulement par la destruction des forêts que les avalanches favorisent le développement et les ravages des torrents ; en roulant sur les pentes, elles arrachent des rochers, labourent les portions terreuses nues et elles accumulent dans les thalwegs d'énormes quantités de matériaux. Les brusques fontes des neiges ou les « sacs d'eau » de l'été remanient ces dépôts meubles qui augmentent le volume et l'importance des laves torrentielles. D'après les observations faites en Savoie depuis quelques années, on a noté que certaines avalanches de fond ou de glacier pouvaient entraîner jusqu'à 8.000 mètres cubes de blocs, de gravier et de terre !

De tels apports sont donc loin d'être négligeables !

Souvent aussi les avalanches constituent les plus sérieux obstacles au reboisement.

De même que pour les torrents, les montagnards avaient depuis longtemps cherché à se garantir de leur choc par des travaux édifiés à proximité même des points à protéger (tourne, éperons). Ils n'avaient pas été sans remarquer que ces phénomènes ne prenaient pas naissance dans les parties

boisées : aussi les cantons situés au-dessus des villages et des hameaux menacés par les neiges avaient-ils, de bonne heure, été placés hors des exploitations pour former des forêts de protection, des bois de ban ou bois bannis.

Naturellement aussi on en vint à conclure que pour arrêter, prévenir les avalanches, il fallait reconstituer les massifs imprudemment détruits ; mais bien vite on s'aperçut que la reforestation n'était possible qu'à la condition de retenir les neiges sur les pentes jusqu'à ce que les plantations fussent assez fortes pour jouer leur rôle.

Ici encore les travaux de correction doivent précéder les travaux forestiers ; parfois même, lorsque le bassin de formation de l'avalanche se trouve à une altitude supérieure à la limite de la végétation forestière, sont-ils les seuls à entreprendre.

C'est en Suisse que les corrections d'avalanches sont les plus nombreuses et les plus importantes ; la France et l'Autriche en offrent aussi divers exemples.

Le principe de tous les ouvrages de correction est de fixer les neiges sur les pentes.

On y arrive :

1° En ménageant sur les versants des plates-formes horizontales plus ou moins longues, larges de 1 m. 50 au moins, disposées en chicane à des niveaux différents dans la région d'où partent les neiges : ce sont les banquettes. Elles sont, tantôt entièrement en déblai, tantôt partie en déblai partie en remblai ; elles permettent de donner de l'assiette aux nappes neigeuses.

2° En édifiant sur les pentes des obstacles artificiels munis d'une berme large d'environ 1 mètre, à l'amont, dont la hauteur au-dessus du sol est fonction de l'importance des précipitations neigeuses à l'endroit considéré.

Le choix du procédé se base sur des observations locales : abondance ou rareté de pierres de bonne qualité, présence ou absence de massifs forestiers à proximité, etc. Ces divers moyens peuvent être employés, tantôt séparément, tantôt concurremment. Le type initial peut être modifié suivant les circonstances : à la banquette, on assimile la passerelle à neige faite d'une forte perche placée horizontalement, supportant des rondins ou des branches dont l'autre extrémité repose sur le sol (Schneebrücke).

Le râteau est une sorte de passerelle où les rondins placés presque perpendiculairement au sol et assez distants retiennent de grandes quantités de neige.

Des grillages à larges mailles sont aussi de précieux moyens de rétention.

Au simple mur sec, on peut substituer de fortes levées de terre, couvertes de gazon, parfois couronnées d'une rangée de pilots, de manière à accroître le relief de l'ouvrage.

Des murs de soutènement établis à l'amont et à l'aval permettent, sans remuer un trop grand cube de terre, d'édifier de véritables remparts.

Il peut arriver que l'avalanche se détache de parties inaccessibles ou d'un cirque trop étendu : dans ce cas, au moyen de véritables digues ou épis, on se borne à en diriger le cours vers un gouffre, un ravin, où elle ne saurait causer de dommages.

Parfois aussi on en barre la route au moyen de murailles assez puissantes pour en arrêter la marche.

Mais qu'il s'agisse de la correction d'un torrent ou de celle d'une avalanche, il semble logique de proportionner l'effort au résultat à obtenir. Ce n'est pas un des côtés les moins difficiles de la question. Si l'on peut estimer avec suffisamment de précision la valeur des propriétés à garantir, celle des surfaces à remettre ensuite en production, comment évaluer les interruptions de la circulation ?

S'il s'agit de voies ferrées servant au commerce international, l'arrêt du trafic, les détournements des voyageurs et des marchandises peuvent entraîner des pertes énormes.

Il faut aussi envisager l'intérêt général : comment calculer le préjudice causé au pays par la suspension des communications au moment d'un conflit ? d'une guerre ? Dans quelle mesure des laves torrentielles, des avalanches peuvent-elles agir sur le régime des rivières et des fleuves ?

Enfin, lorsque la vie humaine est en jeu, et ce cas n'est malheureusement que trop fréquent, ne devra-t-elle donc compter pour rien ?

On a vu plus haut la nécessité d'exécuter des travaux de correction. Il n'y a pas plus de raison de les repousser que d'interdire à un malade une opération chirurgicale.

Que de tels ouvrages soient coûteux, nul ne le nie ; que des écoles aient été faites et que des fautes aient été commises, il n'en pouvait être autrement en un art si récent où tout était à créer et surtout dans les cas où, sous la pression du public, de ses représentants, l'Administration a eu à intervenir sans délai !

Mais dès que l'on a reconnu l'utilité de traiter un torrent, il faut, sans luxe, exécuter tous les travaux indispensables. A ne faire les choses qu'à demi, on risque de tout voir disparaître dans un retour offensif du torrent ou au moins d'être obligé de revenir exécuter des ouvrages complémentaires et de n'avoir en définitive qu'une correction moins homogène et plus dispendieuse que celle qu'il eût fallu prévoir !

Ce que l'on peut demander raisonnablement, c'est que l'on n'entreprenne la correction d'un torrent qu'après une enquête approfondie sur la nécessité de l'opération et une étude complète des moyens à appliquer pour atteindre le but. Il ne manque heureusement pas de torrents où les corrections ont donné tout ce qu'on en attendait, où devant les résultats acquis, les populations, jadis les adversaires du Service forestier, en sont devenues les plus précieux auxiliaires et où les faits donnent le plus éclatant démenti aux affirmations erronées et au pessimisme tendancieux de ceux qui nient, de parti pris, l'efficacité et jusqu'à l'utilité même de la consolidation et de la restauration des terrains en montagnes.

## LES TORRENTS DE LA SAVOIE<sup>(1)</sup>

—( Suite )—

*Limite actuelle des Neiges persistantes.* — La limite des neiges persistantes est la ligne au-dessus de laquelle la chaleur estivale est incapable de fondre la totalité des neiges de l'hiver. Elle varie avec la latitude, l'exposition, l'altitude et l'ampleur des massifs montagneux, la direction des vents dominants et l'abondance plus ou moins grande de la vapeur d'eau dans l'air.

En Savoie, on ne peut rencontrer cette limite que dans 4 groupes montagneux : 1° la chaîne du Mont-Blanc ; 2° les cimes de la Haute-Tarentaise ; 3° les massifs de la Vanoise et de Polset ; 4° l'arête frontière de la Haute-Maurienne.

D'une façon générale, ce sont les petits glaciers suspendus qui ont un bassin d'alimentation très réduit qui, par suite, ne sont pas influencés par des apports solides venus de plus haut, qui sont les meilleurs témoins : ce sont ceux sur lesquels l'enneigement et la fusion ont les effets les plus sensibles et les plus rapides.

1° Région du Mont-Blanc. — Tous les glaciers, tant de la chaîne du Mont-Blanc que de celle des Aiguilles-Rouges, sont en régression marquée. Au glacier de Tête-Rousse, où les observations méthodiques sont faites tous les ans depuis 1901, les précipitations neigeuses hivernales ont été complètement fondues pendant les étés de 1901, 1903, 1904, 1905 et 1906. A la fin de septembre 1902 et 1907, 1908, 1909, il restait un résidu neigeux des précédents hivers. Il en résulte que le glacier de Tête-Rousse dont l'altitude moyenne est de 3 200 mètres se trouve, à très peu près, à la limite des neiges persistantes.

La diminution considérable des glaciers du Dru, de la Pendant, du Nant-Blanc, au nord de la chaîne du Mont-Blanc, de la Floria et des Aiguilles-Rouges, qui arrivent à 3 000 mètres au-dessus du niveau de la mer, montrent nettement que la limite des neiges persistantes est certainement bien au-dessus de la cote 3 000 mètres.

Quelque trente ans auparavant, on assignait comme limite des neiges persistantes, dans la vallée de ChamoniX, la cote 2 750 mètres.

2° Haute-Tarentaise. — Sur les versants ensoleillés, les glaciers suspendus ont fortement reculé et leur régression se fait sentir même au-dessus de 3 000 mètres ; au contraire, certains glaciers exposés au Nord n'ont guère varié à partir de 2 900 mètres.

3° Massif de la Vanoise et de Polset. — Situés entre les vallées du Doron-de-Bozel et de l'Arc, les glaciers suspendus de ces massifs ont subi une fusion intense et même ont presque disparu : ainsi le glacier de la Masse (2 806<sup>m</sup>), le glacier de Vallée-Etroite (2 985<sup>m</sup>), le glacier de la cime de Carron (3 149<sup>m</sup>). Ici encore la limite des neiges persistantes a dépassé 3 100 mètres.

Haute-Maurienne. — Les glaciers du fond de la vallée de l'Arc, en amont de Bessans, sont en général des glaciers de plateau largement étalés, dont les langues terminales, jadis fort développées, se sont retirées jusqu'au niveau du socle montagneux qui supporte l'arête frontière, vers l'altitude de 2 700 mètres. Mais le recul s'est fait sentir bien plus haut : ainsi on voit maintenant apparaître entre les glaciers des sources de l'Arc et du Mulinet une barre rocheuse, à la cote de 3 000 mètres, autrefois cachée sous une nappe glacée continue.

Les petits glaciers suspendus de toute la chaîne frontière ont subi une fusion énergique. Depuis les glaciers de la Levanna « presque réduits à rien » jusqu'au glacier de la Belle-Plinier (3 091<sup>m</sup>), du grand Vallon (3 134<sup>m</sup>) et du Thabor (3 205<sup>m</sup>), tous les appareils glaciaires témoignent que l'ablation l'a de beaucoup emporté sur l'alimentation et que la limite des neiges persistantes se trouve reportée plus haut que 3 200 mètres.

Ces oscillations de la limite des neiges persistantes peuvent être sans doute beaucoup plus considérables et on ignore là où s'arrêterait cette limite au moment de la grande extension glaciaire de 1820.

Actuellement, la zone supérieure forestière ne dépasse pas 2 400 mètres en Savoie ; il serait donc très hasardeux « de porter le reboisement beaucoup plus haut que ne peut l'indiquer les forêts actuelles et de ne s'arrêter qu'aux « terrains où les neiges sont susceptibles de demeurer pendant plusieurs années de suite ». Comme il semble qu'on ait traversé une période d'enneigement minimum, il pourrait se faire qu'après être montée de cinq cents mètres au-dessus de l'altitude de 2 700 mètres, la limite des neiges persistantes, par une oscillation inverse, redescendît au-dessous et anéantit les plantations faites, même si elles éus-

(1) P. MOUGIN (Extrait de son ouvrage : *Les Torrents de la Savoie*).