

# Visite d'un ingénieur suisse aux travaux de reboisement des Alpes françaises

Autor(en): **Gonin, Louis / Demontzey, M.P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **16 (1890)**

Heft 3 & 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-15707>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 8 FOIS PAR AN

**Sommaire :** Visite d'un ingénieur suisse aux travaux de reboisement des Alpes françaises, par L. Gonin, ingénieur. Planches 39 et 40. — Ponts économiques démontables en acier, par J. Orpizewki, ingénieur. Planches 41, 42 et 43. — Chemin de fer de la Jungfrau, par A. Vautier. — Préservation du fil de fer. — Bibliographie. — Bibliothèque de la Société. — Echanges avec le Bulletin.

## VISITE D'UN INGÉNIEUR SUISSE

## AUX TRAVAUX DE REBOISEMENT DES ALPES FRANÇAISES

Conférence lue devant les Sociétés vaudoises des ingénieurs et des architectes et des sciences naturelles, le 11 janvier et le 19 février 1890.

Pl. 39 et 40.

Parmi toutes les occupations auxquelles un ingénieur attaché au service public doit vouer ses recherches et ses études, il en est peu de plus vastes, il en est peu de plus captivantes par l'étendue de son domaine, que celle qui a pour but l'utilisation de l'eau dans la nature, d'une manière générale.

Etudier par la météorologie les lois qui président à la répartition des pluies sur la surface de la terre; suivre dès leur naissance, dans la formation des sources ou des torrents, les groupements des premières gouttes d'eau réunies sur la terre, observer l'action de ces premiers filets d'eau sur le sol, le travail qu'ils y développent, ici le creusage de leur lit, là son obstruction par le dépôt de matériaux amenés par les eaux, telles sont les premières phases que le courant liquide révèle à notre attention.

Plus loin, ce sera d'autres séries de faits non moins intéressants à recueillir : la régularisation du niveau des lacs, l'utilisation de l'eau pour l'irrigation des terres, pour la navigation intérieure, pour la création des forces motrices, pour l'alimentation des habitants et pour les services publics. A l'utilisation de l'eau se trouve indissolublement liée l'étude des moyens d'ôter à cet élément si abondant dans la nature tout caractère nuisible pour la société et pour le pays : les travaux de corrections des torrents de montagnes, l'endiguement des rivières et des fleuves, le drainage urbain et l'assainissement des marais.

Bornons-nous à parcourir l'une des parcelles de ce vaste domaine, l'une des plus intéressantes de toutes.

Il y a plus de vingt ans déjà, la lecture de différents écrits publiés par les ingénieurs français sur l'effet des torrents dans les Alpes et sur les moyens de les combattre avait fait naître en moi un vif désir de voir de plus près le théâtre de ces phénomènes.

Au nombre de ces écrits je citerai en premier lieu l'*Exposé d'un nouveau système de défense contre les cours d'eau torrentiels des Alpes*, par M. Scipion Gras, ingénieur en chef des mines à Grenoble. Je citerai ensuite et particulièrement l'ouvrage devenu classique, de M. A. Surell, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des chemins de fer du Midi.

C'est ce dernier ouvrage qui a véritablement jeté le plus de jour sur cette matière et éveillé l'attention du monde instruit sur la situation malheureuse faite aux populations des Alpes méridionales par le développement menaçant des torrents. Cet ingénieur, observateur de premier ordre, philanthrope dévoué, écrivain distingué, a été de plus un peintre fidèle, et son ouvrage, qui se lit avec plus d'attrait qu'un roman, a fait un tableau parlant des contrées dévastées qu'il a parcourues et qui devront leur restauration à sa courageuse impulsion, comme au dévouement de ses successeurs.

C'était donc la réalisation d'un projet conçu depuis de longues années qui me conduisait dans le département des Basses-Alpes au retour d'un voyage à Nîmes et à Marseille dans le mois de juin 1888.

Je m'étais préparé à cette visite par la lecture de quelques écrits plus récents, notamment le traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes<sup>1</sup>, par M. Demontzey, administrateur des forêts, le mémoire de M. de Seckendorff adressé au ministère I. et R. d'Autriche sur le même sujet, les comptes rendus de l'administration des forêts, communication due à l'obligeance de M. de Gayffier, conservateur des forêts et par l'étude des photographies des principaux ouvrages de cette entreprise.

J'étais en outre porteur d'une introduction ministérielle obligeamment obtenue en ma faveur par M. Lardy, ministre plénipotentiaire de la Confédération suisse à Paris.

Le voyageur qui se dirige de Marseille vers les Alpes parcourt aux environs de cette ville une charmante contrée. La voie ferrée s'élevant graduellement sur les coteaux, laisse apercevoir au loin la mer et ses rivages découpés; il y a dans ces aspects quelque lointaine ressemblance avec ceux que nous aimons à voir sous nos yeux quand nous gravissons les hauteurs de Lavaux, quelque ressouvenir des bords du Léman.

C'est aux environs d'Aix-en-Provence qu'on aperçoit dans la plaine, à plusieurs kilomètres de distance, les nombreuses arches du célèbre pont-aqueduc de Roquefavour, qui sert au passage du canal d'alimentation de Marseille par les eaux de la Durance. Cet ouvrage, comme on le sait, est l'œuvre de M. de Montricher, ingénieur des ponts et chaussées, d'origine vaudoise, qui a occupé sous ses ordres, dans cette entreprise, plusieurs de nos concitoyens, dans les années de 1845 à 1850.

<sup>1</sup> Auteur auquel nous avons, dans ce qui suit, fait plusieurs emprunts.

L'aqueduc en maçonnerie a une longueur de 392<sup>m</sup>50 et une hauteur de 82<sup>m</sup>50.

Mais hâtons-nous et arrivons à la vallée de la Durance que nous allons remonter à partir de Pertuis jusqu'à Sisteron.

Peu avant d'arriver à cette ville, aux environs de la station de Saint-Auban, et sur la rive gauche de la Durance, on a devant soi un curieux phénomène naturel : ce sont des escarpements hauts de 150 mètres, en forme d'obélisques qui doivent leur existence à la pierre qui coiffe chacun d'eux et leur a fait donner dans le pays le nom de *demoiselle* ou de *nonne*. Cette pierre, protégeant constamment la partie du sol qu'elle recouvrait, sol composé exclusivement de boues glaciaires d'une grande puissance, l'a préservée de l'érosion qui se continuait incessante dans les environs immédiats et peu à peu le fût s'est formé, d'abord lourd et épais, puis svelte et fin.

Ces *demoiselles* donnent la mesure exacte de l'épaisseur des boues glaciaires et de la profondeur des érosions ; elles sont de vrais témoins, analogues à ceux qu'on laisse dans les travaux de déblai.

La ville de Sisteron, qu'on aborde ensuite, rappelle par son site pittoresque, par la citadelle qui la domine du haut d'un rocher et par un tunnel percé à sa base, le passage du défilé de Saint-Maurice en Valais. C'est d'ici qu'on aperçoit le mieux les grands sommets des Alpes françaises. A partir de ce point, la voie ferrée quitte momentanément la vallée principale de la Durance pour entrer dans celle du Buech, rivière torrentielle dont la violence est souvent redoutable. La rampe paraît être très forte dans cette partie du chemin. C'est à la station de Veynes que se fait la bifurcation des lignes de Grenoble à gauche et de Briançon, par Gap à droite, et c'est cette dernière qui nous amènera à notre destination.

La station de Prunières est la troisième après Gap. Ici nous nous trouvons de nouveau dans la vallée de la Durance, sur un plateau qui domine la rive droite de cette rivière et qui est dominé lui-même par des sommets élevés. On est en face du débouché de la rivière de l'Ubaye dont nous allons explorer la haute vallée.

Dès les environs de Chorges, station qui précède celle de Prunières, on peut se rendre compte du genre de terrain qui forme le sous-sol général du pays. C'est une marne noire comme l'ardoise, recouverte d'un faible épiderme de terre végétale. De profondes déchirures se sont ouvertes dans les flancs du plateau et atteignent même la voie ferrée.

A Prunières on trouve une voiture publique comme correspondance de Barcelonnette. La route nationale N° 100, de Montpellier à Coni est la grande voie de circulation dans la vallée de l'Ubaye. Elle traverse la Durance, près du confluent des deux rivières, sur un grand pont métallique à poutres latées. Sur le reste du parcours, cette route traverse plusieurs torrents latéraux sur de fort beaux ponts en pierre de taille et en maçonnerie, et présente en général les conditions de pente, de largeur, d'entretien et de tracé qu'on remarque dans nos routes de montagne nouvellement construites. La plus grande partie du trajet s'effectue sur le versant gauche de la vallée de l'Ubaye ; le versant opposé est excessivement rocheux est presque désert. On passe au pied de la forteresse de Saint-Vincent qui commande un passage parcouru par la route de Barcelonnette à Digne.

La pente est forte et le site rappelle beaucoup les gorges

que toutes nos grandes vallées alpestres présentent dans les parties intermédiaires de leur bassin. Grâce au climat méridional de la Provence, on voit la culture de la vigne poussée jusque bien en avant dans cette vallée.

A quelques kilomètres avant d'arriver à Barcelonnette, la vallée s'élargit et l'on entre dans un bassin plus ouvert et plus riant qui aura été sans doute, à une date géologique quelconque, un lac comblé plus tard par les apports des torrents ou vidé par l'érosion de son émissaire. La route continue à s'élever par une pente plus douce, et de droite et de gauche on aperçoit des habitations groupées en petits villages environnés d'arbres, de jardins et de culture.

Quelque chose, en entrant dans cette vallée, nous y rappelle les environs de Château-d'Ex ; même orientation de la vallée ; à gauche une chaîne élevée qui n'est pas sans ressemblance avec celle de la Dent de Cray et du Vanil Noir ; à droite, des montagnes et des pics qui sous le nom de *Chapeau du gendarme* et de *Pain de sucre* rappellent le Rübli du Pays-d'Enhaut vaudois ; enfin, du même côté, une grande vallée latérale analogue à celle de l'Étivaz.

Avant d'arriver à Barcelonnette, la route traverse sur une longueur de trois kilomètres le vaste cône du torrent Riou-Bourdoux, dont nous aurons à parler avec plus de détail dans ce qui va suivre. C'est là un des plus terribles ennemis de la vallée ; et la route n'a pas encore pu y être établie d'une manière permanente.

Enfin après 41 kilomètres de route depuis Prunières et un trajet de 4<sup>h</sup>20', nous arrivons à Barcelonnette. Cette petite ville a dû sa fondation au XIII<sup>e</sup> siècle à un comte de Provence, Raymond-Béranger. Ce prince voulut créer pour les diverses communes de cette vallée alpestre un centre administratif et commercial, et lui donna le nom qu'elle porte en l'honneur de la ville espagnole de Barcelone qui appartenait alors à sa maison.

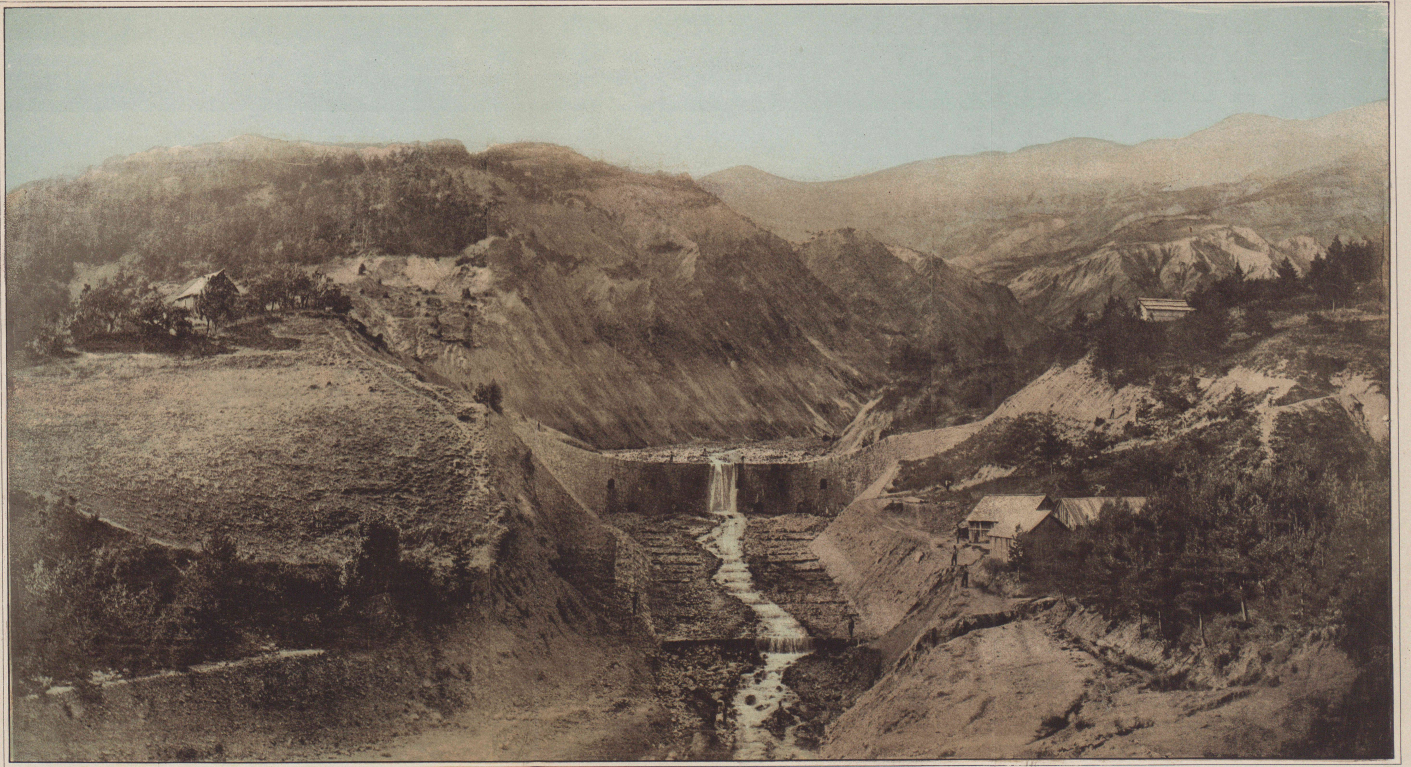
Barcelonnette est dans une très jolie position, au bord de la rivière de l'Ubaye. Elle est le siège d'une sous-préfecture et d'une garnison de troupes alpines. La population est indiquée comme étant de 2200 habitants.

A l'instar de nos concitoyens de l'Engadine, les ressortissants de Barcelonnette ont l'habitude de s'expatrier pour faire leur fortune dans le commerce à l'étranger, spécialement à Mexico, puis ils reviennent au pays et construisent dans les environs de leur ville natale de fort jolies villas, dont on voit un bon nombre, comme aussi dans les villages voisins. Barcelonnette est la patrie de l'orateur français Manuel, qui fut célèbre sous la Restauration et dont le nom a été donné à la grande rue de la ville et à la principale place publique.

Reçu avec la plus grande prévenance à l'arrivée de la voiture publique par M. l'inspecteur des forêts Carrière, et par MM. Sardi, inspecteur adjoint et Jauffred, garde général, nous pûmes aussitôt tracer le programmes des trois jours que nous pouvions consacrer à la visite des torrents de la vallée.

*La restauration des terrains en montagne*, tel est le nom sous lequel la loi actuelle française du 4 avril 1882 définit aujourd'hui la grande œuvre d'utilité publique, entreprise en vertu de deux lois plus anciennes, en date du 28 juillet 1860 et du 8 juin 1864.





GRAND BARRAGE DU RIOU-BOURDOUX

Atelier artist. Müller & Cie Paris & Londres



Seite / page

leer / vide /  
blank





GRAND BARRAGE DU TORRENT DU BOURGET

Atelier artist. Müller & C<sup>o</sup> Aarau & Lausanne



Seite / page

leer / vide /  
blank



Quel est le point de départ de cette entreprise, quel en est l'objet, quelles en sont les méthodes ? c'est là ce que nous nous proposons de résumer.

Chacun sait que les grands fleuves qui arrosent le midi de la France, désolent trop fréquemment les plaines fertiles traversées par le Rhône, par la Garonne et par leurs affluents.

On n'a pas été longtemps sans reconnaître que l'intensité de ces inondations avait sa principale cause dans le développement croissant des torrents, et spécialement dans ceux des départements alpestres et que l'extension du fléau torrentiel avait pour cause première la destruction des forêts et des gazon dans la montagne, la disparition des végétaux qui protègent le sol, qui y retiennent longtemps les condensations atmosphériques, qui retardent l'écoulement des eaux, qui diminuent les crues et qui font obstacle à l'érosion du sol.

Des cris d'alarme ne tardèrent pas à se faire entendre ; le travail déjà cité de M. Surell, publié en 1841, et d'autres ont mis en lumière d'une manière saisissante la dévastation des Hautes-Alpes.

Le remède a été trouvé. Il fallait arrêter le mal à sa source. Il fallait barrer les torrents dans le sein même de la montagne ; retenir dans les gorges les matériaux entraînés par les eaux ; s'opposer à la formation de sillons et de nouveaux torrents dans les flancs décharnés des coteaux ; rétablir la végétation sur le sol et protéger cette végétation naissante contre la dent des moutons qui viennent en été pâturer dans ces montagnes.

De là deux sortes de travaux :

- 1° La correction des torrents ;
- 2° Le reboisement et le regazonnement.

*Correction des torrents.* Les spécialistes divisent ordinairement, d'après M. Surell, le cours d'un torrent en trois régions :

1° Le bassin de réception ayant généralement la forme d'un entonnoir diversement accidenté et aboutissant à un goulot placé dans le fond ;

2° Le canal d'écoulement ou gorge, région moins bien caractérisée que les deux autres et dans laquelle il n'y a, en général, ni affouillement, ni dépôt ;

3° Le lit de déjection, région où se déposent, d'après des lois régulières, les matériaux et qui présente la forme d'un cône, soit d'un monticule très aplati placé à la sortie de la gorge.

La vallée de Barcelonnette est, dans les Alpes françaises, une de celle qui renferme les types les plus complets des torrents présentant ces trois régions bien définies et en même temps aussi les types les plus caractéristiques des ouvrages s'adaptant aux diverses conditions topographiques.

C'est pour cette raison et aussi parce qu'elle nous était mieux connue d'avance par les documents publiés, que nous l'avons choisie comme but de notre visite.

Le périmètre général de Barcelonnette ou de l'Ubaye se subdivise en huit séries, correspondant chacune à un torrent principal et à ses affluents directs.

Le 17 juin, nous nous sommes rendus au torrent du Bourget, sur la rive droite de l'Ubaye ; c'est celui auquel se rapporte l'une des photographies reproduites dans ce numéro. Le chemin qui y conduit se détache de la route nationale à peu de

distance au delà de Barcelonnette et nous conduit par une vaste prairie où les gardes forestiers en tenue militaire faisaient alors leur exercice de tir sous la direction de leur capitaine, M. Sardi, inspecteur adjoint des forêts.

Avant d'arriver au torrent du Bourget, nous avons à traverser d'abord le grand cône de déjections du torrent de Faucon, tronqué par l'Ubaye. Le village de Faucon, dont l'aspect indique l'aisance des habitants et dont la fondation paraît ancienne, est défendu par une digue en pierres sèches contre l'irruption des eaux du torrent.

C'est ici le lieu de remarquer que l'administration n'a pas pris à sa charge les travaux à faire pour l'endigement des torrents, sur leur cône d'alluvions et que ce soin demeure la part des communes. Aussi remarque-t-on des différences considérables sous ce rapport en passant d'un torrent à un autre.

Les torrents de Faucon et du Bourget se touchent par le pied de leurs cônes de déjection.

Bientôt en dirigeant nos regards vers la montagne, nous ne tardons pas à y reconnaître cet arête si nettement définie dans la photographie, la silhouette du barrage, bref tout ce tableau, si souvent examiné, se présente ici dans toute sa réalité.

Toute la montagne se dessine avec une netteté parfaite. L'air est si pur, le ciel si bleu, que l'œil découvre dans ce massif qui s'élève à près de 2000 mètres au-dessus de notre tête tout le détail du reboisement :

Ce sont d'abord les grandes gorges du torrent du Bourget et de son affluent de droite, le Rata, les barrages principaux, les sillons ou rides secondaires barrés chacun par une série continue de barrages rustiques, et prolongés jusqu'au sommet des monts, les plantations forestières et leurs pépinières et enfin, courant horizontalement le long des flancs de la montagne, une multitude de lignes de clayonnages formant boutures et destinées à donner naissance à une végétation arborescente.

Bientôt nous arrivons au grand barrage du Bourget. (Voir la planche N° 40.)

Ce barrage est construit de manière à présenter à son parement une surface courbe. La crête du déversoir forme aussi arc de cercle, de manière à ramener le courant de l'eau dans l'axe du torrent.

Au-dessus du barrage, sur le versant de droite, se trouve un abri ou observatoire dans lequel s'abrite, en cas de fortes averses, un garde chargé d'observer le débit du torrent d'après des traces faites au ciseau sur le couronnement du barrage et marquant le niveau de décimètre en décimètre.

Un pluviomètre est installé à côté de la cabane et, par ces dispositions et par des observations répétées, on peut étudier une très intéressante question, celle du rapport entre la chute d'eau atmosphérique et le débit obtenu dans le torrent.

Au torrent du Bourget se joint le ravin de Rata, sur la droite, dont la correction a rencontré de grandes difficultés qui paraissent aujourd'hui vaincues.

Au retour, en parcourant la côte par un autre chemin, nous pouvons observer un bon nombre de jeunes plantations et de pépinières de bonne apparence.

L'après-midi, nous allons visiter, sur la rive gauche de l'Ubaye, le torrent de Gaudissart, en face de Barcelonnette.

De loin, rien n'indique la présence d'un torrent, ni de ravins profonds. Il faut s'engager dans un vallon sinueux pour

arriver après une ascension assez rapide en présence d'une coupure profonde dans ces marnes noires, à l'aspect sinistre, qui forment, paraît-il, le massif général dont est formé le pays.

C'est un site absolument sévère et qui donne une idée de la grandeur de la tâche abordée par l'Administration forestière et par ses courageux fonctionnaires. C'est là aussi qu'il nous est possible de voir de près et de toucher du doigt ces travaux spécialement destinés au reboisement des coteaux, dont nous avons contemplé ce matin le vaste ensemble sur les flancs du versant opposé. Nous reviendrons plus loin sur cette matière.

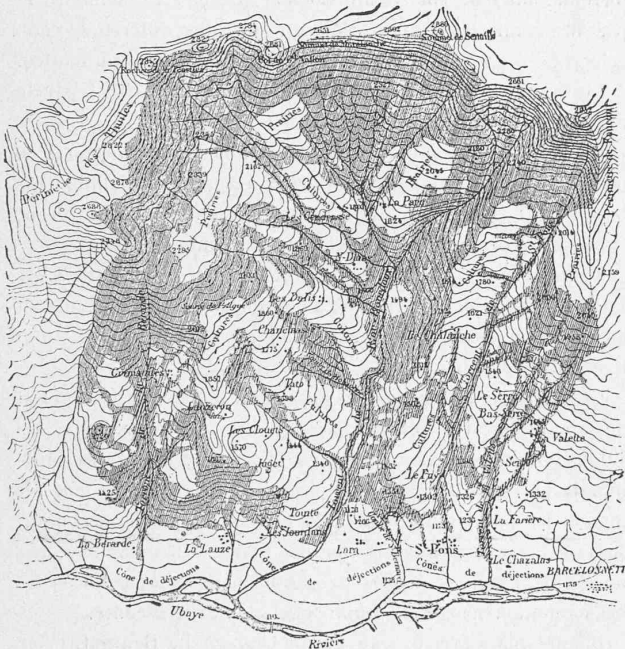


Fig. 1. — Plan du périmètre de St-Pons  
(Vallée de Barcelonnette.)

Le 18 juin, c'est du côté aval de Barcelonnette et sur le versant droit de la vallée que nous avons porté notre exploration.

Trois principaux torrents sont visités successivement. D'abord celui de la Bérarde, le plus en aval, celui du Rioubourdoux au milieu et celui de la Valette, en remontant. (Fig. 1).

C'est celui du Riou-Bourdoux qui est sans contredit le plus important de tous ceux de la vallée de Barcelonnette. Si l'on mesure les causes par leur effet, une force par le travail produit, on pourra jauger la puissance d'un torrent par l'étendue ou par le volume de son cône de déjection.

Or le cône du Riou-Bourdoux s'étale sur une étendue de 240 hectares. La route nationale le traverse sur un parcours de plus de 3 km. *L'aspect de ce cône donne bien l'idée de la désolation et de la mort de la montagne* selon l'expression de Blanqui et de Michelet, reproduite par M. Demontzey dans sa notice sur les travaux de la restauration des terrains en montagne produits à l'exposition universelle de 1889. (Voir note N°4).

Le grand torrent du Riou-Bourdoux a pour bassin de réception un immense cirque dominé par la chaîne de montagnes qui sépare la vallée de l'Ubaye de celle qui aboutit à Embrun (Hautes-Alpes).

Cette chaîne a des sommets très élevés entre autres la Grande Epervière dont l'altitude est de 2942 m.

Vers le milieu de ce cirque se montre une vaste enclave de prairies, au milieu desquelles on remarque un mélèze fort ancien et de dimensions considérables; c'est l'unique témoin de l'ancienne végétation forestière qui recouvrait jadis cet immense bassin.

On ne peut guère juger de l'extérieur, la profondeur et l'importance des ravins qui forment le fond du bassin. Il faut pénétrer dans la gorge d'abord large, puis se rétrécissant successivement, pour se rendre compte du développement de ces ravins dont les berges coupées à pic dans la marne noire ont jusqu'à 100 et 200 m. de hauteur.

Il semble qu'on ait devant soi les portes du Styx.

C'est dans ce profond ravin qu'est situé le barrage du Riou-Bourdoux, le plus grand des ouvrages de ce genre construit dans cette contrée, si ce n'est même dans toutes les Alpes françaises. C'est cet ouvrage que tous les visiteurs du chalet des Forêts à l'exposition de 1889, ont pu admirer dans le diorama qui en était une reproduction saisissante de vérité et dont nous avons aujourd'hui la satisfaction de donner une vue photographique, grâce à l'obligeance de M. Demontzey.

Ce grand barrage a huit mètres de hauteur au-dessus du lit. Sa largeur développée est de 83<sup>m</sup>50; l'épaisseur au couronnement est de 3<sup>m</sup>20 avec un fruit de 1/5<sup>me</sup> au parement aval. Les fondations ont 5<sup>m</sup>70 d'épaisseur et 4<sup>m</sup>50 de profondeur, en sorte que la hauteur totale de maçonnerie à l'axe, au-dessus des fondations, est de 12<sup>m</sup>50. (Fig. 2, 3, 4, 5, p. 211, et Pl. 39.)

Le couronnement du barrage forme en plan horizontal un arc de cercle de 52 m. de rayon; en élévation, il présente au centre une plate-forme horizontale de 20 m. de largeur, suivie de chaque côté d'un arc de cercle de 34<sup>m</sup>10 de rayon et de 4 m. de montée, sur 10 m. de largeur et enfin les extrémités du barrage sont formées, du côté des terres, par un glacis ou plan incliné à 15 0/0 de pente.

Le barrage est construit entièrement en maçonnerie hydraulique formée de très gros blocs. « Il est traversé par cinq grands pertuis ou aqueducs à l'étage inférieur et par six plus petits à l'étage supérieur. Les ouvertures de ces pertuis, destinées à ne laisser passer que les eaux et les boues liquides, sont garnies au parement amont par de fortes barres de fer entrecroisées et formant une sorte de grillage ayant pour but d'arrêter tous les blocs et moellons et de les maintenir à l'amont pour former un atterrissement des plus solides et des plus résistants. » Les premiers seuls ont été maintenus, les six supérieurs sont maintenant bouchés, on n'en voit plus que la trace.

Les dispositions prises pour éviter l'affouillement de ce grand barrage sous l'effort de l'énorme travail développé par la chute des eaux de crue ne sont pas moins remarquables et nous en empruntons la description, comme les lignes qui précèdent, à l'ouvrage déjà cité de M. Demontzey: *Traité pratique du reboisement des montagnes*, pages 468 à 471. (Voir Note 2).

Le grand barrage est ainsi comparable à une forteresse défendue par des ouvrages avancés entre les assauts de l'ennemi, c'est-à-dire de l'affouillement. Le coût de cet ouvrage s'est élevé à 100 974 fr. (Seckendorf.)



Grand barrage de Torrent de Riou-Bourdoux (Basses Alpes).

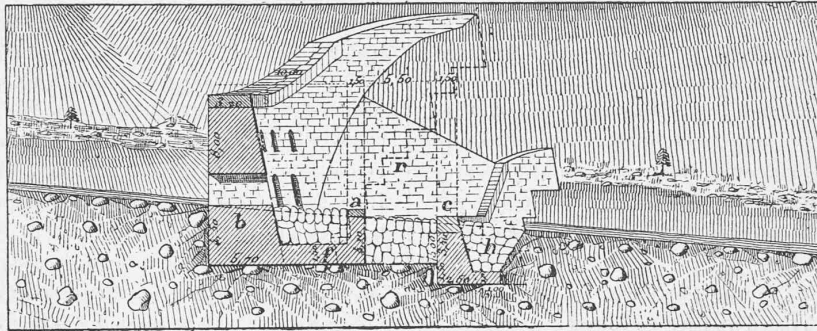


Fig. 2. — Cou pe en travers suivant l'axe.

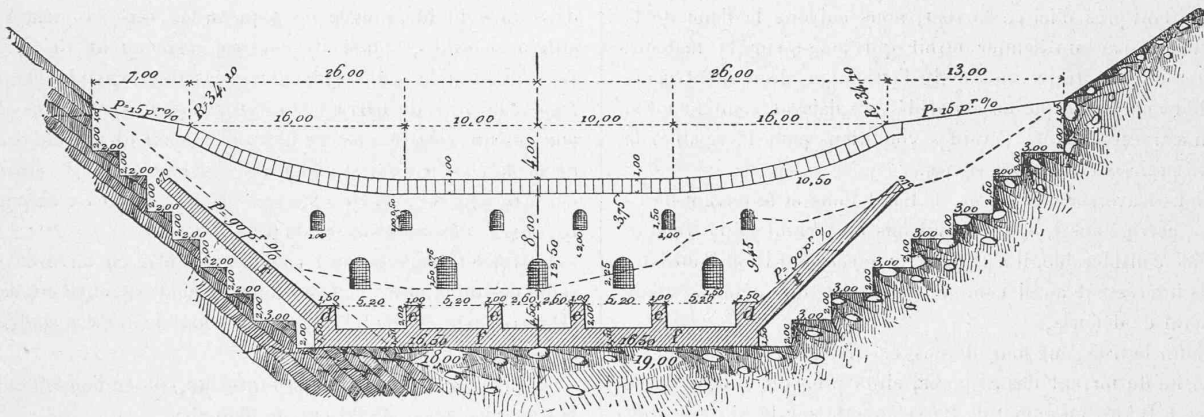


Fig. 3. — Elévation dégagée des terres.

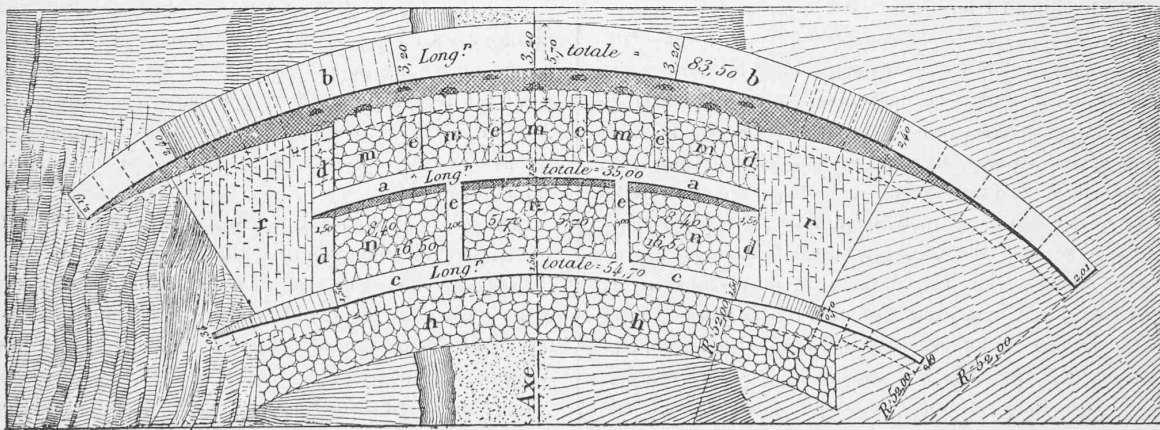


Fig. 4. — Plan d'ensemble des ouvrages.

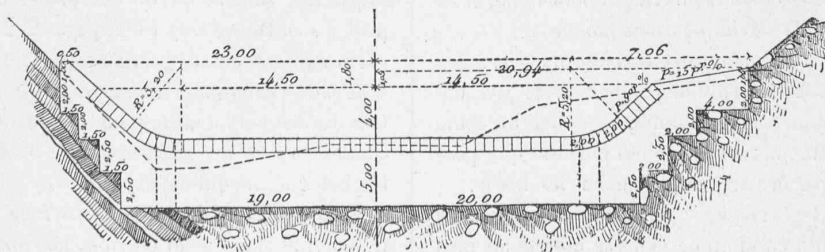


Fig. 5. — Elévation du contrebarrage dégagée des terres.



Avant de quitter le barrage, observons l'immense atterrissement qui s'est produit jusqu'à 1200 m. à l'amont, suivant une pente adoucie d'environ 9 ‰; ce dépôt constitue une vaste plate-forme qui appuie les flancs des versants et qui peut se prêter à une végétation forestière et protéger le développement des plantations établies sur les versants des deux rives.

À l'aval du grand barrage du Riou-Bourdoux la correction se continue et comprend dix barrages et un redressement du lit qui forme ici une double sinuosité. Outre les barrages proprement dits on compte encore un grand nombre de seuils rustiques, dont nous donnerons plus loin une description succincte.

Vers le bas de la gorge, avant d'arriver au cône des alluvions, on voit encore le reste d'un barrage construit par M. Scipion Gras, il y a un grand nombre d'années, au moyen de gros blocs reliés entre eux par des barreaux de fer.

Quittant près d'ici ce torrent, nous suivons le flanc de la montagne par un sentier étroit qui longe sur la majeure partie de son trajet un canal d'irrigation absolument semblable aux bisces que nos confédérés valaisans s'entendent si bien à tracer dans de pareilles conditions pour l'irrigation de leurs prairies et de leurs vignes.

Nous traversons le village de Saint-Pons et le torrent de ce nom, corrigé aussi, et nous arrivons au torrent de la Valette, moins considérable, il s'en faut, que celui du Riou-Bourdoux mais intéressant aussi comme application du même système général de défense.

Enfin le troisième jour de nos excursions a été consacré à la visite du torrent des Sanières, situé près du village de ce nom, à 6 km. en amont de Barcelonnette sur le versant droit de la vallée. Ce torrent est corrigé dans la montagne au moyen de travaux tout à fait analogues à ceux que nous avons visité l'avant-veille au Bourget.

Au retour de chacune de ces courses captivantes, mais fatigantes, nous passions quelques moments dans les bureaux du reboisement, où messieurs les inspecteurs ont eu l'obligeance de nous donner diverses notes, de nous faire voir la riche collection de leurs plans, dessins, reliefs, photographies, de semences forestières, d'instruments de toute espèce et en particulier le téléiconographe, instrument dont M. l'inspecteur-adjoint Sardi se sert avec un remarquable talent pour reproduire avec une parfaite fidélité les sites pittoresques de la vallée de Barcelonnette et des travaux du reboisement.

Après avoir, dans ce qui précède, suivi l'ordre tracé par l'emploi de notre temps, il nous faut cependant pour être complet revenir sur quelques-uns des points que nous n'avons fait qu'effleurer.

Nous avons décrit les grands barrages du torrent du Bourget et du Rioubourdoux. Mais outre ces ouvrages hors ligne, il en existe un très grand nombre de dimensions moindres.

Citons d'abord les barrages en maçonnerie à mortier.

Tracés en général en forme d'arc de cercle dans le plan horizontal, ils sont couronnés à leur sommet, au milieu du cours d'eau, par une plateforme horizontale aussi étendue que possible et relevée aussi par des arcs de cercle sur les bords.

L'eau qui coule sur le barrage est par ce moyen étalée en une mince couche, ce qui en diminue la force érosive au pied de la chute.

À mesure que les atterrissements se forment derrière ces barrages on les exhausse graduellement tout en garantissant fortement leur pied contre l'action affouillante de la chute.

M. Demontzey donne la préférence à un système de construction dans lequel le corps du barrage est en maçonnerie sèche, le parement aval en maçonnerie à mortier de 60 cm. d'épaisseur, le couronnement de même et l'arête vers l'aval de celui-ci en pierre de taille. Un aqueduc ou pertuis traverse l'ouvrage à sa partie inférieure; nous avons vu à l'occasion du Riou-Bourdoux l'utilité de cet écoulement pour les matières liquides ou ténues.

Le manque de matériaux pour maçonnerie exige de recourir aussi, pour la construction de barrages moins considérables, au bois, sous la forme de clayonnages et de fascinages; ce sont alors des barrages dits *vivants*.

L'un des modes de construction de ces barrages consiste dans une double rangée de piquets les uns en mélèze les autres en saule, plantée transversalement au lit du torrent. Des branches de saule sont entrelacées dans ces piquets pour former le corps du barrage. Les gros piquets sont reliés entre eux par une longrine placée horizontalement un peu au-dessus de la ligne du couronnement. Cette longrine est amarrée par des moises à quatre piquets placés à 0<sup>m</sup>50 en amont du barrage et dépassant le sol de 0<sup>m</sup>80.

Derrière le barrage on forme un remblai en terre et pierre destiné à protéger le clayonnage contre le choc des eaux. Ce terre-plein est planté de boutures dont la reprise contribue à consolider tout le système.

Le pied du barrage est aussi protégé contre l'affouillement par un clayonnage de 50 cm. de hauteur.

Suivant les cas, ces systèmes de construction peuvent subir quelques variations.

Le nombre de ces barrages vivants construits dans toutes les ravines est prodigieux; l'un des spectacles qui nous a le plus frappé dans notre rapide excursion, c'est de suivre distinctement, à l'œil nu, du bas de la montagne jusqu'aux sommets à 2900 m. d'altitude, cette sorte de couture appliquée à tous les sillons ou ravins naissants, à toutes les rides de la surface de la montagne.

Bien plus, entre chacun de ces sillons, sur toute la côte, on voit se dessiner une série innombrable de lignes horizontales. Ce sont des lignes de plantation de boutures serrées qui forment la base du reboisement de ces pentes raides et ces plantations se distinguent nettement à l'œil nu presque jusqu'aux sommets des montagnes.

Ces haies de *feuillus* sont d'une grande utilité sur les berges de torrents ou de ravins présentant des pentes qui atteignent jusqu'à 120 ‰ et où la circulation des ouvriers serait impossible sans l'ouverture de places où ils puissent poser le pied. (Voir Demontzey 1882, pages 292 à 296.)

Au nombre des dispositions que je tiens particulièrement à vous faire remarquer, messieurs, c'est le mode de transformation des torrents dont le fond a été exhaussé par des barrages, comme vous le voyez, par exemple au torrent du Bourget par la photographie qui est exposée.

Vous voyez en amont de ce barrage une portion du torrent transformé maintenant en ruisseau canalisé.

Le thalweg a une largeur régulière et est bordé de chaque

côté de clayonnages longitudinaux qui forment une haie vive résistante. Une série de seuil transversaux, aussi en clayonnages, appuyés sur des enrochements à l'aval, rompent la pente et par conséquent la vitesse et empêchent l'affouillement du lit.

À droite et à gauche du lit, entre les clayonnages latéraux et le pied des coteaux se trouve une sorte de plate-forme ou de large banquette qui est garnie d'épis transversaux, et le terrain créé ainsi est planté de boutures qui le fortifient à leur tour et favorisent le développement de la végétation sur les flancs du ravin.

C'est près du grand barrage du torrent du Bourget qu'on m'a fait remarquer un mode de plantation fort ingénieux. On creuse dans le terrain un cône dont le sommet est au fond et on garnit ce creux d'un grand nombre de boutures d'essences diverses qui se prêtent un mutuel appui. Il ressort de cette corbeille un groupe d'arbustes qui forment comme le noyau ou le centre de plantations plus étendues.

Tout à l'heure nous avons parlé du système pratiqué pour la correction des ravins naissants au moyen d'un grand nombre de clayonnages rustiques transversaux.

Un autre système commence à s'introduire dans quelques uns des reboisements des Basses-Alpes; c'est celui-ci :

Observant que ces clayonnages transversaux ont, comme tous les barrages, grands ou petits, l'inconvénient de produire une chute et un affouillement à leur pied, on a imaginé de placer dans l'arête creuse de ces ravins des branches de saule ou d'aulne, etc., de les coucher dans le fond et de les enchâsser les unes à la suite des autres, tout en les liant et en les assujettissant au sol par des liens et par des piquets.

De cette manière on obtient un remplissage continu, qui tient dans les interstices des branches et de leurs rameaux feuillus les matériaux désagrégés charriés par l'eau et qui en même temps crée une végétation protectrice. On peut certainement attendre de ce nouveau système un plein succès.

Nous devons enfin vous faire remarquer, messieurs, l'aspect particulier que donne au flanc des montagnes de ce pays ces arêtes aiguës, ces angles dièdres prononcés qui forment la crête séparative de chacun des ravins ouverts dans le massif des marnes noires qui composent le noyau principal du sol. Il semble que cet angle soit à peu près constant dans toutes ces arêtes, ce qui indiquerait que la matière uniforme du sol est soumise à des efforts uniformes d'érosion par les eaux et par les agents atmosphériques.

Si mes connaissances en sylviculture me l'eussent permis et si j'avais eu plus de temps à ma disposition j'aurais volontiers continué mes explorations dans les boisés plus anciens obtenus par les efforts soutenus de MM. les inspecteurs forestiers de l'Etat. On en voit déjà de nombreux fruits; le voyageur remarquera facilement ceux qui se voient du chemin de fer dans les environs de la station de Lus-la-Croix-Haute, au passage du faite de la ligne de Gap à Grenoble. Ils permettent par leur vigueur et leur belle apparence de juger de ce qu'on est en voie d'obtenir partout où l'œuvre salutaire du reboisement a été entreprise.

Le temps me manque, et du reste, il ne m'appartiendrait pas de parler du système administratif adopté pour cette grande œuvre. Il diffère entièrement de celui adopté en Suisse et spécialement dans le canton de Vaud.

Je me bornerai à donner quelques chiffres qui feront ressortir l'importance de l'entreprise du reboisement dans la vallée de l'Ubaye.

Il y a dans cette vallée dix-neuf communes dont le sol soumis au régime forestier recouvre 100 858 hm<sup>2</sup>. Ce périmètre se subdivise en huit séries dans lesquelles il a été exécuté en fait de barrages, les ouvrages suivants :

|                               | Grands barrages. | Barrages rustiques. |
|-------------------------------|------------------|---------------------|
| 1. La Bérarde . . . . .       | 9                | 300                 |
| 2. Le Riou-Bourdoux . . . . . | 2                | 1133                |
| 3. Saint-Pons . . . . .       | 1                | 123                 |
| 4. La Valette . . . . .       | 4                | 132                 |
| 5. Faucon . . . . .           | 17               | 305                 |
| 6. Le Bourget . . . . .       | 26               | 422                 |
| 7. Les Sanières . . . . .     | 12               | 494                 |
| 8. Gaudissart . . . . .       | —                | 7                   |
| TOTAUX, en 1888 . . . . .     | 71               | 2916                |

et la somme des dépenses faites dans cette vallée au 31 décembre 1887, en travaux forestier, en travaux de correction, en travaux auxiliaires et en frais généraux s'élevait à une somme de 2 763 511 fr. 74 cent.

Aurai-je, messieurs, atteint mon but en excitant votre intérêt pour l'œuvre d'utilité publique de premier ordre abordés par l'Administration française des forêts? Si l'on compare l'espace qu'occupe sur la carte cette vallée de l'Ubaye avec l'étendue des Alpes de la Provence, du Dauphiné et de la Savoie, on reconnaîtra qu'il faut un courage, une foi et une persévérance dignes de tout éloge pour mener à bien une entreprise aussi ardue, mais aussi féconde en résultats bienfaisants pour les générations futures.

Ces travaux de Barcelonnette sont une véritable école à laquelle sont venues se former des délégations nombreuses d'ingénieurs et de forestiers de divers pays et spécialement d'Autriche, d'Italie, de Bavière, d'Angleterre, de Russie, du Danemark.

À part mes excellents amis MM. Emile Burnat et Louis Favrat qui nous ont précédé, mais comme botanistes, je crois pouvoir réclamer en ma faveur la priorité comme visiteur suisse de ces travaux et, si cela m'est permis, je terminerai cette conférence en émettant le vœu que l'autorité fédérale veuille bien charger une mission d'ingénieurs et de forestiers de visiter cette vallée et ces reboisements avec plus de compétence et de temps que je n'ai pu le faire, dans le double but de témoigner l'intérêt que notre pays aussi porte à cette œuvre considérable et surtout de faire profiter nos entreprises fluviales, toujours plus nombreuses, des expériences acquises sur le vaste théâtre des Alpes françaises.

Qu'il nous soit permis, en terminant ce modeste écrit, d'exprimer nos respectueux remerciements aux autorités, aux magistrats et aux fonctionnaires publics qui ont bien voulu nous accorder leurs autorisations, leurs lumières et leur appui et nous accompagner dans ces intéressantes courses.

Lausanne, 1890.

LOUIS GONIN.



### 1. Canalisation inférieure du Riou-Bourdoux.

Depuis la rédaction de ce qui précède nous avons eu la satisfaction d'apprendre, par deux lettres de M. Demontzey, la fin de la correction du redoutable torrent du Riou-Bourdoux. On ouvre le lit définitif du ruisseau qui va remplacer sur le cône le torrent divaguant jadis. Dès ce printemps les eaux couleront dans un canal définitif et fixe. Il en est de même des travaux secondaires entrepris depuis l'an dernier sur l'atterrissement en vue d'activer un rapide exhaussement.

Le 22 avril 1890, le Riou-Bourdoux a passé pour la première fois de son existence sous un pont. Ce jour-là, en effet, on a mis l'eau dans la rigole ouverte sur le cône sur un parcours de 2400 mètres environ. On n'a plus maintenant qu'à aider les eaux à creuser le lit définitif ce qui se fera rapidement et sans grands frais.

### 2. Détails de construction du radier du grand barrage du Riou-Bourdoux (page 211).

Le contre-barrage C, destiné à servir de tête de radier (fig. 2, 4 et 5) est construit dans l'axe, à 17 m. en aval du parement amont du barrage *b*; le milieu de son couronnement, placé au niveau du lit, se trouve à 1 m. en contre-bas du seuil de l'aqueduc central.

Entre le barrage et le contre-barrage, à gauche et à droite, sont construits deux murs verticaux *d* (fig. 3 et 4) de 1<sup>m</sup>50 d'épaisseur, distants chacun de 15 m. de l'axe auquel ils sont parallèles, et déterminant ainsi la forme annulaire du radier qui est absolument plat.

A 5 m. en amont du contre-barrage, ce radier est traversé dans le sens normal à l'axe par un mur *a* (fig. 4) parallèle au barrage et au contre-barrage, et dont le couronnement en pierres de taille se trouve à 0<sup>m</sup>40 en contre-bas du seuil de l'aqueduc central.

Ce mur *a*, en forme d'anneau divise le radier en deux sections, et se trouve bâti à l'extrémité d'un massif de maçonnerie *f* (fig. 2 et 3) de 1<sup>m</sup>50 d'épaisseur, qui prolonge en aval les fondations du barrage dans toute la première section du radier comprise entre l'anneau *a* et le barrage *b*.

Cette section est divisée en cinq compartiments *m*, égaux, correspondant aux 5 grands aqueducs et déterminés par des murs verticaux *e* de 1 m. d'épaisseur, parallèles à l'axe (fig. 3 et 4).

La seconde section annulaire du radier est divisée en trois compartiments *n* par deux murs *e* également parallèles à l'axe (fig. 4).

Tous ces murs rectilignes *e* sont arasés au niveau du débouché horizontal du contre-barrage, de sorte que l'anneau *a* seul se trouve en saillie de 0<sup>m</sup>60 au-dessus de leur niveau.

Les huit compartiments qui divisent ainsi le radier sont garnis de gros blocs posés debout et formant enrochement.

Dans les compartiments *m* dont le fond est formé par le massif de maçonnerie *f*, les blocs sont placés de façon que leurs sommets viennent au moins à la hauteur de l'anneau *a*, et retiennent entre eux des blocs mis en travers sur les murs *e*, dans le but de protéger leur maçonnerie contre les effets de la chute des eaux. Ces blocs d'abri se trouvent pour ainsi dire moisés entre les blocs des compartiments: ils présentent donc toute garantie de stabilité.

Dans les compartiments *n*, les blocs sont placés de façon que leurs sommets dépassent un peu le couronnement du contre-barrage *c* tout en demeurant en contre-bas du couronnement de l'anneau *a*.

A l'aval, au pied du contre-barrage, la fondation est prolongée sur un massif de maçonnerie de 1 m. d'épaisseur et de 2 m. de largeur. Ce massif de maçonnerie supporte un fort enrochement *h*, placé dans une fouille ouverte à 45°.

Enfin, à droite et à gauche du radier, sont construits des murs de revêtements *r*, inclinés à 90 % (fig. 2, 3 et 4).

Telle est la disposition de cet important radier, qui présente toutes les conditions les plus désirables de solidité et de facile entretien, ainsi que nous allons le démontrer :

La figure 3 indique que le couronnement du grand barrage est absolument plat en son milieu sur une longueur de 20 m. et se termine vers les ailes par deux arcs de cercle symétriques et tangents à la partie horizontale. Cette forme spéciale a été adoptée dans le but d'épanouir les eaux des crues en une lame aussi mince que possible, et dès lors, d'autant moins puissante au point de vue de l'affouillement, après une chute de 8 m. de hauteur.

D'autre part, comme l'indiquent les figures 2 et 4, le radier est formé de deux gradins absolument plats, ayant une largeur de 33 m. jusqu'aux murs de revêtement, de sorte que les eaux en tombant de la hauteur du barrage, trouvent un espace bien plus large que le débouché du couronnement, et une sorte de palier hérissé dans toute sa surface, par les pointes des grands blocs placés debout dans les compartiments.

De là grandes facilités pour l'épanouissement immédiat de ces eaux, et l'annulation presque complète de leur vitesse.

Obligées par le couronnement de l'anneau *a* du radier, de se répandre de nouveau en une lame régulière, ces eaux subissent là une nouvelle chute, très faible, de 0<sup>m</sup>60 au maximum, elles tombent ensuite sur un second palier, également hérissé par les pointes d'un puissant enrochement placé debout.

Par ces deux paliers ainsi disposés, on supprime tout danger de remous de la part des eaux sur toute la surface du radier.

Enfin, après avoir traversé le couronnement du contre-barrage, elles prennent, sans chute sensible et avec une vitesse initiale presque nulle, la pente actuelle du lit en traversant l'enrochement *h* placé à l'aval du contre-barrage.

En brisant donc autant que possible la violence des eaux et l'effet de la chute sur leur vitesse, on a réalisé ainsi l'une des conditions les plus importantes de la stabilité et du maintien de l'ouvrage par la grande réduction de la puissance d'affouillement.

D'autre part, les conditions de sécurité et d'entretien facile, c'est-à-dire de perpétuité, sont assurées par la disposition des ouvrages. La figure 2 le démontre entièrement; admettons en effet qu'un phénomène météorologique des plus extraordinaires se passant dans le bassin de réception détermine une crue insolite d'une violence plus grande encore que celles qui ont été constatées jusqu'ici et qui ont servi à déterminer la section du débouché; si cette crue provoque des affouillements, leur premier effet sera de déplacer les blocs qui forment l'enrochement *h*, mais il n'est pas à présumer que ces blocs, placés sur une épaisseur de 5<sup>m</sup>50, viennent tous à être entraînés à la suite de l'affouillement pratiqué à leur aval dans le lit du torrent par leur résistance à la force des eaux car, précisément ces eaux arrivent sur l'enrochement avec une vitesse presque nulle qui ne peut prendre de développement que plus loin, sur la pente du lit.

Supposons même que tous ces blocs soient entraînés pendant la crue; la fondation du contre-barrage, qui se prolonge de 2 m. sous cet enrochement, présentera bien des garanties contre l'affouillement du pied de cet ouvrage, qui se trouvera dès lors maintenu, et l'on n'aura plus, une fois la crue passée, qu'à recharger et refaire au besoin l'enrochement *h*, opération d'autant plus facile et plus prompte, que, sur les deux rives, on aura constamment entretenu un approvisionnement de blocs suffisant, précaution élémentaire.

Il est évident que tant que le contre-barrage *c* demeurera intact, les enrochements *m* et *n* ne sauraient être compromis; formés en effet de blocs énormes, enchevêtrés avec art les uns dans les autres, et placés debout sur une forte épaisseur, ils ne sauraient être soulevés par les eaux, et entraînés au-dessus de l'anneau *a* ou du contre-barrage *c*, ils sont condamnés à demeurer sur place, d'autant plus qu'ils sont encastés dans des compartiments à parois fixes.

Mais, si, malgré les prévisions contraires, le contre-barrage lui-même était enlevé, il est clair que les enrochements *n* seraient entraînés, et l'anneau *a* jouerait alors le rôle du contre-barrage disparu; viendrait-il à disparaître lui-même, avec les enrochements *m*, que la solidité du grand barrage ne serait pas encore compromise, car il resterait pour protéger son pied contre les affouillements, le grand massif en maçonnerie *f* sur lequel reposait l'enrochement *m* et à son extrémité l'anneau *a*.

La crue une fois passée, il serait toujours possible de réparer les avaries, et l'on n'aurait subi, en fait de pertes, que la valeur même de ces avaries, le reste n'ayant pas bougé.

On voit donc, par ce rapide examen, quels sont les avantages d'un pareil système de radier. Hâtons-nous de dire que notre conviction est que les seules avaries à prévoir consisteront dans le déplacement des blocs supérieurs de l'enrochement *h*, qui n'étant retenu que par les matériaux du lit, pourront être entraînés par suite de l'affouillement



qui se produira à leur aval, mais ils ne seront jamais entraînés bien loin et ils tendront à s'enfoncer peu à peu dans le lit par suite des affouillements successifs opérés autour d'eux ; de sorte qu'après plusieurs rechargements successifs, le lit se trouvera à l'aval du contre-barrage, plus consolidé que jamais par une sorte de pavage en gros blocs, ayant une largeur tout simplement plus grande que celle qu'on lui avait attribuée au début.

(Note extraite du *Traité pratique du reboisement des montagnes*, par M. P. Demontzey.)

## PONTS ÉCONOMIQUES DÉMONTABLES EN ACIER <sup>1</sup>

par J. ORPISZEWSKI, ingénieur.

Planches Nos 41, 42 et 43.

L'invention d'un modèle de pont bon marché et facilement transportable, constitue un problème de l'art de l'ingénieur aussi intéressant qu'important. L'utilité d'une invention semblable s'est toujours fait sentir au militaire, surtout maintenant que la rapidité des mouvements et la facilité des communications sont une des préoccupations les plus importantes de tous les états-majors. Les ponts transportables présentent aussi de grands avantages au civil dans les pays où les moyens de communication sont encore peu développés, ainsi que dans les cas d'interruption de communications importantes. Aussi les compagnies de chemins de fer devraient-elles en avoir toujours en approvisionnement ; ces ponts pourraient même servir pendant la construction et remplacer avantageusement les ponts provisoires.

Les premiers essais de réalisation du problème sont dus à M. Eiffel ; déjà en 1879 il avait créé un type de pont démontable en acier, dont on a fait une large application d'abord en Cochinchine et au Tonkin pendant la campagne, et plus tard en France même, surtout dans des buts militaires ; l'usage s'en est maintenant généralisé et les compagnies de chemins de fer français s'en servent également. — Dans ces derniers temps les ponts de l'ingénieur Brochocki ont aussi attiré l'attention concurremment avec ceux du système Eiffel.

Nous dirons donc quelques mots sur ces deux systèmes de ponts.

### Ponts démontables système Eiffel.

Ces ponts se composent, comme les ponts ordinaires, de poutres principales de rive, reliées par des entretoises ; les entretoises sont reliées par des longerons qui portent le platelage. La construction est complétée par des contreventements horizontaux et un treillis. Les poutres principales se composent de trois sortes d'éléments : panneaux triangulaires ou courants, panneaux extrêmes ou demi-panneaux et pièces droites.

*Panneaux courants triangulaires.* Ils se composent de triangles formés de cornières assemblées avec des goussets, le tout est rivé à l'atelier. Chaque panneau (fig. 1) forme un élément invariable. Tous les panneaux sont assemblés identiquement, c'est-à-dire que les cornières sont toujours tournées uniformément par rapport aux goussets, de façon à ce que chaque panneau présente une surface plane et que l'on puisse toujours appliquer un panneau contre l'autre.

<sup>1</sup> Travail tiré de l'article de M. Zielinski, ingénieur des ponts et chaussées, dans la *Revue technique* de Varsovie, janvier et février 1890.

*Demi-panneaux extrêmes.* Ils sont semblables aux précédents comme construction, le montant vertical est seulement renforcé par une contre-fiche (fig. 2).

*Pièces droites.* Ce sont de simples cornières qui servent à former les semelles inférieures. La fig. 3 montre le mode d'assemblage de ces pièces pour former une poutre. Les panneaux courants sont placés les uns à la suite des autres en deux séries juxtaposées et en croisant les joints, il ne reste plus qu'à relier les sommets inférieurs des triangles pour former la poutre. Ces sommets sont reliés par les pièces droites qui sont boulonnées à l'aide de forts boulons en acier. La poutre est terminée par un demi-panneau. Nous donnons à la suite fig. 5-14 les diagrammes de diverses combinaisons de ce système. Les trous qui laissent passer les boulons d'assemblage sont percés avec le plus grand soin, et les boulons remplissent très exactement le vide.

*Entretoises.* Les entretoises relient les poutres principales, qu'elles dépassent un peu. Elles sont boulonnées aux montants verticaux et portent une contre-fiche.

*Contreventements horizontaux.* Enfin la stabilité latérale est donnée par des contreventements horizontaux généralement en fers plats assemblés aux entretoises.

Toutes les pièces sont en acier, ce qui rend la construction relativement très légère parce qu'on peut sans aucune crainte admettre 10 à 12 kilos par mm<sup>2</sup> dans les calculs de résistance. On pourrait diminuer les poids en faisant varier les sections mais on perdrait le grand avantage de l'uniformité des pièces. Ces ponts sont, malgré leur légèreté et leurs assemblages à boulons, remarquablement rigides, et ne le cèdent en rien aux ponts rivés. Au reste on sait que les Américains chez lesquels les constructions métalliques sont très employées, ont beaucoup plus largement appliqué dans leurs ouvrages définitifs les assemblages à boulons que les constructeurs européens.

Le groupement des panneaux constitue une vraie poutre à treillis dont les éléments sont absolument invariables ; malgré un très léger jeu que l'on ne peut éviter dans les assemblages à boulons, on peut dire qu'il n'y a aucun déplacement appréciable des panneaux les uns par rapport aux autres. Il n'y aurait qu'une déformation des éléments triangulaires qui puisse amener un gauchissement de la poutre ; au reste les faibles flèches que ces ouvrages ont données dans les essais sont un garant de leur bonne conception.

Les ponts du système Eiffel se montent très facilement et très rapidement. Le nombre des pièces a été réduit au minimum, elles sont très faciles à distinguer les unes des autres, et les pièces de même espèce sont identiques, en sorte qu'on peut les croiser sans aucun inconvénient et se servir d'ouvriers quelconques pour le montage.

*Piles et culées.* On fait aussi de la façon la plus élémentaire les piles et les culées. Le bord de la rivière légèrement consolidé sert de culée, on pose à terre une pièce de bois qui reçoit la poutre. D'autres fois, si la rive est trop plate on fait une petite culée en maçonnerie brute ; souvent deux pieux moisés à leur sommet en font l'office ; en Cochinchine et au Tonkin pour beaucoup de ponts de ce système on s'est servi de pieux à vis moisés.

Les ponts Eiffel sont calculés une fois pour toute, on fabrique les pièces sans nouvelles études. Mais on peut avec quelques