

Zeitschrift:	Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band:	8 (1882)
Heft:	2
Artikel:	Notices sur les travaux entrepris dans le canton de Vaud et dans les régions voisines de notre pays pour la correction, l'aménagement et l'utilisation des eaux courantes
Autor:	L.G.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-9507

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: 25.02.2026

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 4 FOIS PAR AN

Prix de l'abonnement annuel : pour la SUISSE, 5 fr.; pour l'ÉTRANGER, 5 fr. 50.

Pour les abonnements et la rédaction, s'adresser à M. Georges Bridel éditeur, place de la Louve, à Lausanne.

NOTICES

SUR LES

TRAVAUX ENTREPRIS DANS LE CANTON DE VAUD
ET DANS LES RÉGIONS VOISINES DE NOTRE PAYS
POUR LA CORRECTION, L'AMÉNAGEMENT ET L'UTILISATION
DES EAUX COURANTES

ASSAINISSEMENT DE LA PLAINE DE LA BROYE

(Suite du rapport des experts.)

On a observé :

à Paris le 8 juin 1849, en 1 heure, une hauteur de	45mm
Genève pendant 3 heures, de	160
Berne, le 20 août 1868 en 1 heure, de	35
Béatenberg, le 24 juillet 1873, en 1 1/2 heure, de	84
Zurich, le 31 juillet 1875, pendant 25 minutes, de	31
Berne, le 19 juin 1877, pendant 45 minutes, de	66

De pareils cas ne peuvent faire règle pour un bassin de l'étendue de celui de la Broye.

Les observations limnimétriques démontrent, du reste, que ce ne sont pas les pluies d'orage très intenses, qui produisent les grandes crues dans les rivières dont le bassin présente une certaine étendue, mais que ces dernières sont dues à des pluies générales beaucoup moins fortes qui durent quelques jours sur toute l'étendue du bassin.

Ainsi les grandes inondations qui ont eu lieu dans la Suisse orientale, les 10, 11 et 12 juin 1876, ont été produites par des pluies, qui ont duré trois jours, mais qui n'ont pas dépassé, en moyenne, 90 à 105mm en 24 heures. Les terribles inondations du midi de la France, en 1875, ont aussi été dues à des pluies de longue durée, mais non d'une intensité extraordinaire, la pluie tombée en 24 heures n'ayant été que de 35mm, en moyenne, mais ayant duré 4 jours.

Il y a divers facteurs qui font diminuer l'eau de pluie avant qu'elle arrive dans les rivières.

Le sol et la végétation en absorbent une partie.

L'évaporation en enlève aussi une certaine quantité.

Les pertes par kilomètre carré sont même d'autant plus grandes, que la surface du bassin est plus étendue. L'inclinaison du terrain a une influence en augmentant la rapidité de l'écoulement. Là où il y a des pentes faibles, ce dernier étant

ralenti, les eaux auront plus de temps pour s'infiltrer ou s'évaporer. Mais l'élément principal modérant la quantité d'eau débitée par rapport aux eaux tombées dans un bassin hydrographique, c'est l'étendue de celui-ci.

Plus la distance qu'auront à parcourir les eaux est grande, plus elles subiront de pertes en chemin. D'autre part les fortes pluies ne régnant en même temps que sur une surface limitée, la quantité moyenne des eaux tombées par kilomètre carré, dans un grand bassin est relativement plus faible que dans un autre de plus petite étendue.

Dans chaque cas spécial les volumes d'eau se comporteront différemment selon la contrée. Cependant on peut admettre une certaine relation entre les débits et les bassins hydrographiques et en comparant ceux de quelques vallées pour lesquelles on a des données un peu sûres, on peut en déduire des conclusions pour d'autres contrées se trouvant dans des conditions analogues.

Par exemple, le bassin du Rhin à l'amont du pont de Tardis est de 4230 km² (sans les glaciers). Les rapports sur la correction du Rhin donnent pour débit, en 1868, à ce pont, 2800m³ à 3500m³. Même en prenant le maximum de 3500m³ on n'arrive qu'à $\frac{3500}{4230} = 0^{m^3},83$ pour l'écoulement par seconde et kilomètre carré.

Pour l'Aar, dans la vallée du Hasli on a un bassin de 640 km², un débit maximum de 540m³ dont 0m³,9 par seconde et kilomètre carré.

La Thour avec un bassin de 1724 km² donne 0m³,8 d'écoulement par seconde et kilomètre carré.

La Thöess, pour un bassin de 390 km² un débit de 1m³.

On voit que le volume débité en moyenne par kilomètre carré diminue avec l'augmentation de la surface du bassin.

Pour une surface infiniment petite on aurait le maximum du débit, et pour une surface infiniment grande on aurait un débit infiniment petit. La courbe représentant la variation des débits en fonction de la surface du bassin hydrographique, peut être assimilée à une hyperbole équilatère, les asymptotes en étant les coordonnées.

Construisant pour les exemples cités plus haut et ayant quelque analogie avec la Broye, cette courbe, en prenant pour abscisses, les surfaces du bassin et pour ordonnées les débits correspondants, en mètres cubes par seconde et par kilomètre carré, on trouve pour le bassin de la Broye de 347 km² un chiffre de 1m³,15 comme débit maximum par seconde et kilo-

mètre carré. Multiplié par 347 on aurait un volume débité de 399^{m3}.

A la Thoess qui a beaucoup d'analogie avec la Broye, M. Wetli donne dans son rapport sur la correction de cette rivière, les débits à différents endroits de la vallée et leurs bassins correspondants, savoir :

ENDROIT DU JAUGEAGE	Bassin en km ²	Débits par seconde	
		Total	Par km ²
Pfungen	341	360	1.06
Kemptthal	55	68	1.24
Kollbrunn	163	240	1.48
Eau en aval de Saland ..	78	130	1.67
Wehr	66	110	1.67
Lipperschwendi	43	93	2.16

Se basant sur ces données, M. Ganguillet a posé la formule empirique suivante, satisfaisant à l'équation d'une hyperbole équilatère :

$$y = \frac{25}{5 + \sqrt{x}}$$

dans laquelle y = quantité d'eau qui s'écoule par kilomètre carré sur bassin,

x = surface du bassin en kilomètres carrés.

Pour la Broye on a :

$$x = 347 \text{ et on trouve } y = 1^{m^2}10.$$

Quantité totale débitée $347 \times 1,10 = 382^{m^2}$.

Malgré les imperfections inévitables de ces sortes de calculs, toutes ces considérations nous amènent à admettre que le débit maximum de la Broye ne dépasse pas 400^{m3}.

Nous sommes donc portés à considérer le volume de 500 à 600 m³, auquel les ingénieurs vaudois¹ ont taxé le débit des plus grandes crues de la Broye, comme exagéré, d'autant plus que nous voyons, d'après le tableau des inondations, que les débordements ont déjà lieu lorsque l'eau atteint la cote de 2^m,20 du limnimètre de Granges et qu'en calculant le débit correspondant à cette hauteur d'eau, on ne le trouve pas même de 200^{m3}.

(Nous avons une section de 55^{m2}, un rayon moyen, $\frac{55}{54} = 1^{m},61$, une pente de 0^m,26, d'où nous obtenons une vitesse moyenne d'eau plus 2^m,90, et partant un débit de 160^{m3}.)

De ce qu'en 1876 les eaux ont atteint les poutres du pont de Payerne on ne peut en conclure que la Broye ait alors charrié plus de 400^{m3} d'eau; le débouché de ce pont ne permettant jusqu'ici qu'un débit d'eau plus 330^{m3}, le volume débordé à l'amont pouvait être de 70^{m3}, avant de dépasser notre prévision.

Il ne faut pas beaucoup, comme on voit, pour causer des inondations, et une fois la Broye débordée, il est plus difficile d'en apprécier les volumes d'eau. En face des dégâts causés par le débordement des eaux, on est facilement tenté de supposer un plus grand débit qu'il n'a eu lieu en réalité.

En fixant donc à 400^{m3} le volume pour lequel doit être combiné le nouveau projet, de manière à ce que les profils suffi-

¹ Les ingénieurs vaudois n'ont jamais admis dans leurs projets les chiffres de 500 à 600^{m3} par seconde. Les chiffres pris pour base étaient 320^{m3} en 1865 et 450 en 1879.

sent largement à ce débit, on peut s'attendre à obtenir un travail efficace, tout en restant dans les limites d'une stricte économie¹.

II

Le projet de 1852 pour la correction Pont-Neuf-Lac de Morat donnait au plafond du canal une pente de 0^m138. La section se composait d'un seul trapèze de 4^m,50 de hauteur avec talus latéraux de 2 de base pour 1 de hauteur. La largeur du plafond variait entre 12^m et 18^m. Le calcul ne donnant pour une largeur de 12^m qu'un débit de 270^{m3}; il est évident que le canal ne pouvait suffire à l'écoulement d'un volume de 400^{m3}, que nous avons supposé être le maximum en hautes eaux extraordinaires. Du reste, les nombreuses inondations qui ont eu lieu depuis que ce canal est creusé, démontrent toute l'insuffisance du profil primitif du projet de 1852.

On demande si les inondations ne peuvent être attribuées à des causes accidentelles se rattachant à des changements survenus les dernières années dans les conditions climatériques, et ayant occasionné un plus grand débit qu'on n'a pu prévoir lors de l'exécution des premiers travaux de correction.

D'après l'énumération des débordements de la Broye pour la période de 1836-1878 l'on trouve qu'il y a eu dans le laps de²

1839 à 1848	16	inondations.
1849 à 1858	11	»
1859 à 1868	13	»
1869 à 1878	20	»

Ainsi l'on remarque bien une faible augmentation dans la fréquence des fortes crues pendant la dernière période décennale, mais on peut en conclure une plus grande intensité des pluies.

Les données limnimétriques et météorologiques antérieures à 1852 nous manquant, nous ne pouvons juger si les crues étaient autrefois plus ou moins fortes que dans les dernières années. Cependant on cite la crue de 1852 comme l'une des plus fortes, sinon la plus forte, et comme cette crue n'a, à ce qu'il paraît, pas été dépassée depuis, il n'y a pas lieu de présumer une augmentation de la quantité d'eau et partant de rechercher, si des changements météorologiques qui auraient pu favoriser l'intensité des pluies, ont eu lieu, ou si l'on peut constater quelque déboisement de montagne qui aurait pu influer sur la rapidité de l'écoulement des eaux.

Faut-il attribuer les inondations en partie aux travaux exécutés dans le canal supérieur de la Broye en amont du Pont-Neuf? Ces travaux auraient-ils depuis 1852 modifié le régime des eaux en leur procurant un écoulement plus rapide? Il est certain que les travaux dans la partie supérieure d'une rivière peuvent, jusqu'à une certaine distance, avoir une influence sur le régime de la partie d'aval. L'augmentation du débouché de la Broye de Payerne à Pont-Neuf a eu pour effet de retenir les eaux dans son lit. Celles-ci arrivant alors en plus grande masse et avec plus de vitesse auront contribué à augmenter les altérations que le profil a subies en aval du Pont-Neuf. Mais il ne serait pas juste de dire que ces travaux ont favorisé les inondations.

Ces dernières devaient forcément arriver, quand même ils

¹ MM. les experts ne diffèrent donc de 50^{m3} ou de 1/10 des évaluations du projet examiné.

n'auraient pas été exécutés, le profil du canal en aval de Pont-Neuf n'ayant pas alors, comme nous avons plus haut, les dimensions nécessaires.

La correction Pont-Neuf-Lac de Morat devait suffire au débit de toutes les eaux de la vallée, car autrement elle manquait son but. Mais cette correction à elle seule ne pouvait rendre tout le service qu'on en attendait. En laissant la partie d'amont telle qu'elle était, on n'aurait pas diminué l'inconvénient du débordement des eaux de la Broye avant leur arrivée dans la partie corrigée. Il fallait nécessairement mettre en harmonie avec la correction Pont-Neuf-Lac de Morat, les parties de la rivière du Pont-Neuf à Payerne et même en amont de Payerne jusqu'à la Coulaz.

Du moment qu'on tient à prévenir toute inondation, la correction à l'amont de Payerne doit donc être considérée comme le complément indispensable de la correction inférieure.

Le fait qu'il se déverse au lieu dit, la Coulaz en amont de Payerne, une quantité d'eau considérable prouve, du reste, assez l'insuffisance de la section de la rivière à l'amont du pont de Payerne.

En somme nous attribuons les inondations des dernières années à l'insuffisance du profil, tant dans le canal Badoux¹ entre le Pont-Neuf et le lac de Morat, qu'à l'amont de ce dernier, à la traversée de Payerne et à la Coulaz.

Nous pensons dès lors qu'une correction générale et rationnelle de la Broye, à partir de la Coulaz en amont de Payerne, en vue de préserver à l'avenir la vallée, non seulement en partie, mais en entier, contre les inondations est parfaitement motivée.

Nous ne partageons pas l'opinion que, pour diminuer le débit en aval et éviter des travaux plus considérables, il conviendrait de laisser déborder un certain volume d'eau dans la partie supérieure.

Du reste, le fait de l'abaissement du niveau du lac de Morat et, par suite, de l'approfondissement inévitable du lit de la Broye parle en faveur d'une correction générale, devenue plus facile à exécuter qu'autrefois.

Il convient donc de profiter de ce nouvel état des choses pour amener une solution plus satisfaisante, en faisant des travaux dont la réussite et l'utilité sont maintenant hors de doute.

III

Partant du point de vue qu'il faut garantir la plaine entière en aval de la Coulaz contre les inondations, et donner au canal les dimensions nécessaires pour débiter 400m^3 d'eau par seconde, nous passons à l'examen du projet de 1879.

Nous discuterons :

- a) Le profil en long;
- b) Le profil normal et la défense des berges;
- c) Les dispositions particulières pour le Pont-Neuf;
- d) Les dispositions pour la traversée de Payerne;
- e) La marche à suivre pour l'exécution des travaux;
- f) Le devis.

a) *Profil en long.* (Pl. IV.)

Déjà en 1860 il s'est produit dans le lit de la Broye corrigée entre Pont-Neuf et le lac de Morat des affouillements, com-

¹ M. Badoux est l'auteur du projet du canal exécuté dès 1852 entre le Pont-Neuf et le lac de Morat.

mençant de la partie inférieure et se propageant en augmentant graduellement d'intensité de l'aval à l'amont. Ces effets s'expliquent par la disposition du plafond en pente uniforme de $1,38\%$ du projet de 1852. Une rivière à débit aussi variable que la Broye et à fond mobile ne s'assujettit pas à une pente uniforme donnée d'avance.

La nature du sol, les variations du débit, les charriages etc., influent sur l'action des eaux qui creusent elles-mêmes le lit naturel suivant la forme et la pente qui conviennent à l'état stable de la rivière.

En général, si le cours d'eau n'est pas gêné par des obstacles naturels ou artificiels, la pente des rivières va graduellement en décroissant, de sorte que le profil en long présente, dans son ensemble, une courbe à peu près parabolique.

C'est aussi la forme qu'affecte le fond actuel du lit de la Broye.

En supposant dans le projet de 1852 que le plafond du canal de Pont-Neuf au lac de Morat resterait en pente uniforme, tel qu'il était tracé dans le profil en long entre les deux points extrêmes, on ne tenait compte ni du grand raccourcissement donné au cours d'eau par la correction, ni de la plus forte pente et de la plus grande vitesse qui en résulteraient. Cette dernière devait produire, dans le sol mobile, des affouillements partant du lac et s'étendant vers l'amont jusqu'à ce que, par suite de la diminution de la vitesse, l'équilibre se fût rétabli entre la résistance du sol et l'action érosive de l'eau.

Les érosions devaient être d'autant plus fortes que la section transversale du canal était trop petite pour le passage des eaux lors des grandes crues.

Le nouveau plafond de la Broye rectifié s'était à peine formé et les érosions des berges, causées par les irrégularités du courant, ensuite des altérations survenues dans la largeur du lit et le long des talus de la rivière, continuaient encore, lorsqu'est arrivé le changement causé par l'abaissement du niveau du lac de Morat depuis 1877.

L'effet de cet abaissement du lac a été de produire, dans le lit de la Broye de nouveaux affouillements assez considérables, qui continueront probablement encore quelque temps, car il faut admettre que la Broye reprendra la même pente qu'elle avait après la correction de 1852, mais en partant du niveau du lac abaissé, produisant ainsi un nouvel approfondissement du lit correspondant à l'abaissement du lac.

En corrigeant la Broye de manière à empêcher les débordements, les quantités d'eau retenues dans le lit de la rivière seront plus grandes et pourraient occasionner une diminution de la pente et, par suite, augmenter l'approfondissement du plafond, si l'on n'y remédie pas en élargissant le profil en travers.

Non seulement la section donnée au lit de la Broye en 1852 était insuffisante, mais encore l'état des lieux a subi, depuis cette époque des modifications profondes. Le fond du canal s'est abaissé d'environ 3m au-dessous du plafond du canal Badoux. Il ne peut donc être question de revenir à l'ancien projet proprement dit. C'est en profitant de la situation actuelle et en vue des changements qui sont encore à prévoir, que doit être combiné le projet servant de base à la nouvelle correction complétant celle commencée en 1853.

Les affouillements dans le lit de la Broye ont préparé avantageusement le terrain pour les travaux ultérieurs.

En suivant le même tracé en plan, on trouve un lit déjà approfondi et élargi qui n'exige qu'un faible agrandissement pour suffire au débit supposé de 400m^3 . En laissant travailler l'érosion encore quelque temps les travaux de terrassement se réduiront notablement.

Les cotes d'altitude du projet $447\text{m},90$ à Payerne, et 430m à l'embouchure du lac, sont bien choisies, en tenant compte du niveau abaissé du lac de Morat. L'étiage futur de celui-ci étant adopté à environ $431\text{m},20$, le plafond de la Broye se trouvera à $1\text{m},20$ au-dessous des basses eaux.

Une forte crue qui viendrait à se jeter dans le lac au moment où il serait encore à l'étiage, pourrait à la vérité causer des affouillements dans le lit près de l'embouchure. Mais ce nouvel approfondissement au-dessous du plafond projeté n'est pas de nature à inspirer des craintes sérieuses.

Les pentes assignées au nouveau lit de $1,6\%$, $1,4\%$ et $0,85\%$ satisfont à la condition de diminuer graduellement, au fur et à mesure qu'on descend le cours de la rivière.

Il n'est pas possible de dire exactement d'avance, quelles pentes prendra une rivière, mais nous pensons que le profil du projet s'approche, autant qu'on peut le prévoir, de la forme définitive du plafond.

b) Profil normal.

La section transversale projetée pour le canal se compose d'une partie basse de 1m de hauteur et de 14m de largeur au fond, avec talus à $0\text{m},50$; plus haut les talus se couchent de base pour 1m de hauteur et s'élèvent à 5m et 6m selon la pente du fond, de sorte que la profondeur totale variera de 6m à 7m .

Ce profil étant plus que suffisant pour débiter le maximum de 400m^3 , nous pensons que la hauteur peut en être réduite de $0\text{m},50$.

La hauteur des eaux correspondant à ce volume atteindra, d'après les calculs, au plus :

Pour la pente de $1,6\%$	$5\text{m},10$
» » $1,4\%$	$5\text{m},50$
» » $0,85\%$	$6\text{m},00$

Comme le lit est assez encaissé, le niveau des plus hautes restera, sauf à quelques endroits, au-dessous du terrain environnant. Les berges, formant digue, protègent la contrée contre les débordements des eaux dans les bas-fonds. En élévant la couronne de ces berges de $5\text{m},50$ à $6\text{m},50$ au-dessus du fond du canal, au lieu de 6m à 7m comme l'indique le projet, on dépassera encore d'au moins $0\text{m},50$ le niveau des eaux pour un débit de 400m^3 , de telle sorte qu'il restera assez de marge pour débiter encore 50m^3 au moins en sus.

Nous avons vu que les hautes eaux dépassant 200m^3 ne durent jamais que très peu de temps, il n'y aurait donc pas d'inconvénient, ni pour la culture, ni pour l'assainissement que momentanément, pendant quelques heures, le niveau des eaux fût même à fleur du sol, pourvu que les eaux ne débordassent pas.

Tout en gardant la largeur au fond de 14m et les autres dispositions du profil-type et du profil en long il nous semble qu'on pourrait réduire la hauteur totale de $0\text{m},50$ en vue de diminuer les remblais pour les berges.

Le lit de la Broye étant formé de couches successives de sable

alternant avec des bancs de marne il souffrira des affouillements et des érosions. Pour obtenir un entretien satisfaisant du canal il faut pourvoir à la défense des berges. L'essentiel est de garantir le pied des talus contre les affouillements. Quant aux talus mêmes il suffira de les protéger jusqu'à la hauteur où les eaux séjournent durant au moins une dizaine de jours; les parties qui ne restent pas plus d'un jour ou deux sous l'eau auront peu à souffrir.

La partie basse du profil projeté à 1m de hauteur laissera passer des volumes d'eau jusqu'à 22m^3 , c'est le débit correspondant aux eaux moyennes de quelque durée. Les quantités au-delà de 22m^3 et dépassant la hauteur de 1m ne durent jamais que quelques jours de suite.

Le projet prévoit des enrochements au pied des talus jusqu'à la hauteur de 1m du profil; plus haut les talus seront simplement ensemencés.

Cette disposition est suffisante.

Quant au choix des matériaux c'est bien la pierre qu'il faut prendre en considération pour la construction définitive.

Les saucissons donnant une grande économie sur la pierre n'ont qu'une valeur passagère, mais s'appliqueront pourtant avec avantage dans quelques parties du nouveau lit, jusqu'à ce que le régime définitif du canal sera établi, ce qui exigera une assez longue période d'années.

Sans préconiser les saucissons, nous pensons qu'une combinaison heureuse des deux systèmes pourra être utile. Ce sera à l'ingénieur exécutant d'apprécier où il conviendra d'employer des pierres comme enrochement ou comme perré définitif.

c) Dispositions particulières pour le Pont-Neuf.

Au passage du Pont-Neuf le débouché est insuffisant. Le projet de 1879 veut remédier en approfondissant le canal entre la pile et les culées et en perreyant le fond et les talus des deux chenaux séparés. Mais on n'enlève pas l'obstacle principal, la pile elle-même, qui lors des fortes crues formera et causera des perturbations et des irrégularités fâcheuses dans le courant des eaux.

Il serait désirable de remplacer l'ancien pont par un nouveau d'une seule portée de 24m laissant libre passage à la Broye. Nous estimons les frais d'une construction avec tablier en fer, profitant en partie des culées existantes, à environ 17 000 fr. Cette dépense serait plus que compensée par les avantages qui en résulteraient pour le régime de la rivière et par l'économie qu'on ferait en supprimant le radier et les travaux de défense de la pile et des culées, que nécessite la conservation de l'ancien pont.

d) Traversée de Payerne.

Le profil normal décrit plus haut est appliqué sur toute la longueur du parcours de la Broye à corriger, à l'exception de la traversée de Payerne sur une longueur de 196m , soit depuis 20m en amont du pont jusqu'à quelques mètres en aval de la ville.

Dans cette partie le projet prévoit, de chaque côté des 14m de fond, des murs en maçonnerie à mortier de 2m de haut, soit 1m au-dessus du radier général de $0\text{m},50$ d'épaisseur et $0\text{m},50$ en dessous du dit radier. Au-dessus de ces murs viennent de chaque côté de la rivière des replats pavés à sec, avec une pente de 10% vers l'eau.

Derrière ce pavé s'élève un mur de quai soutenant une route de 4^m de large sur la rive droite et un chemin de 1^m,50 sur la rive gauche. Le long de la route descend, depuis le pont, un chemin à char de 2^m de large qui mène au bord de l'eau. Deux escaliers permettent de descendre sur la terrasse inférieure. Des raccords perreyés joignent les talus des berges ordinaires à l'aval avec les murs de quai.

Par cette disposition du lit de la Broye dans son passage sinueux à travers la ville de Payerne, M. l'ingénieur cantonal voudrait assurer aux eaux l'écoulement le plus grand et le plus régulier possible et empêcher toute érosion pouvant compromettre la solidité des murs du quai. On sait que c'est le frottement du périmètre mouillé qui exerce l'action retardataire du mouvement de l'eau.

Un lit d'une rivière présentant des parois régulières et lisses à l'écoulement des eaux (comme c'est le cas pour la maçonnerie) donnera, à section égale, un plus grand débit qu'un autre, dont le périmètre présente plus de rudité et est assujetti à des changements par suite des affouillements. Des expériences faites sur de petits ruisseaux et torrents ont démontré ce fait et il n'est pas à douter que l'influence des parois se fasse sentir aussi sur des sections plus grandes, telles que celles de la Broye.

Il ne nous paraît toutefois pas nécessaire d'avoir ici recours à des dispositions plus coûteuses, dans le simple but d'obtenir un coefficient de frottement plus avantageux pour l'écoulement, attendu que, si l'on creuse le lit de la Broye à la profondeur du plafond prévu dans le projet, la section au pont de Payerne deviendra assez grande pour débiter, dans les conditions ordinaires de frottement les 400^{m3}, tout en laissant un espace vide d'au moins 0^m,50 entre le niveau de l'eau et la plate-bande inférieure de la construction en fer.

Le radier et les murs de rive figurent dans le devis pour une somme de 34 200 francs.

Rien que pour augmenter encore le débit, des dépenses extraordinaires ne seraient donc pas justifiées, puisqu'il sera suffisant sans cela.

Cependant ici, dans la traversée de la ville, où la Broye est resserrée entre des quais communiquant à la rivière par des chemins et des escaliers, l'utilité de pouvoir circuler sur les replats pavés à sec pendant les basses eaux motive d'autres dispositions pour le lit de la Broye, que celles admises plus bas.

Nous pensons qu'on pourrait éviter le radier général, mais nous laissons à l'appréciation de M. l'ingénieur cantonal de faire exécuter soit les murs de la rive tels qu'ils sont projetés, soit de les remplacer par des perrées ou enrochements, selon les circonstances et les convenances locales.

e) Marche à suivre pour les travaux.

La partie du cours de la Broye, où le lit resserré empêche le plus le libre écoulement des eaux, est la traversée de Payerne. C'est là que les travaux de correction sont les plus urgents.

En aval de cette localité les profils actuels déjà approfondis par les érosions suffisent presque au débit de 400^{m3}. On peut laisser agir l'érosion sans courir trop de risques en temps de crues, et faire ainsi des économies notables sur les travaux de terrassement.

Un point où il est aussi indispensable de commencer de suite les travaux c'est le Pont-Neuf.

La marche à suivre pour les travaux se résume dans l'ordre suivant :

1. Etablir le profil définitif à la profondeur du plafond du projet de 1879 dans la traversée de Payerne, jusqu'au-dessous du Pont de Vuary.

2. Enlever les obstacles qui gênent l'écoulement des eaux du Pont-Neuf.

Remblayer les berges le long du canal dans les terrains bas exposés aux débordements, avec des terres provenant de l'élargissement du canal.

3. Laisser travailler les eaux par érosion dans tout le canal en aval du Pont de Vuary, en surveillant et guidant l'effet de ce travail, en empêchant les affouillements en dehors des limites assignées au lit et en protégeant les parties ébréchées par des travaux de défense provisoires en fascinage ou en enrochements, selon les circonstances.

4. Après une certaine époque, dont la durée ne peut être fixée d'avance, mais qui sera peut-être assez longue, on fera successivement les travaux de parachèvement tels que travaux de terrassement complémentaires, règlement de talus, enrochements, etc.

f) Devis.

La dépense totale pour le projet présenté a été évaluée à 1 690 000 fr. savoir :

	TERRITOIRE DE PAYERNE	PONT-NEUF LAC DE MORAT	TOTAL
	Longueur : 4729 ^m ,75	Longueur : 8890 ^m	Longueur : 13 619 ^m ,75
	Fr.	Fr.	Fr.
Terrains à acquérir	30 050 —	11 360 —	41 410 —
Terrassements	259 654 36	545 853 38	805 507 —
Maçonneries	287 559 11	401 612 70	689 171 81
Objets divers	1 830 —	—	1 830 —
Imprévus	55 906 53	96 173 —	152 080 —
	635 000 —	1 055 000 —	1 690 000 —

Le plus grand article de ce devis forment les travaux de terrassement. Les prix d'unité nous paraissent trop hauts et pourraient être diminués.

En faisant du reste la réduction que nous avons indiquée pour la hauteur des banquettes et en profitant de l'action érosive des eaux pour creuser et enlever les terres, une économie notable serait possible.

Nous évaluons les travaux de terrassement comme suit :

L'avant mûtré de 1879 donne :

	Déblais. m ³	Remblais. m ³
a) Commune de Payerne	267 738	26 772
b) Pont-Neuf - Lac de Morat	591 267	165 477
	859 005	192 249

Par la réduction des banquettes, les remblais se réduisent d'un tiers environ, soit à 18 000 et à 110 000 128 000

Dans la traversée de Payerne jusqu'à l'aval du Pont de Vuary, il y aura 33 000^{m3} à creuser de suite. Le reste des déblais, déjà passablement diminué, puisque depuis qu'on a levé les profils, l'érosion a fait des progrès, sera enlevé encore en grande partie par l'eau, si l'on a soin de surveiller et de bien diriger cette érosion. — Nous comptons donc :

a) *Commune de Payerne.*

Fouille et transport de 33 000 ^{m3} à 1 fr.	Fr. 33 000
Fouille pour remblais à faire entre Pont de Vuary et	
Pont-Neuf, 5000 ^{m3} à 80 c.	» 4 000
A enlever par érosion env. 220 000 ^{m3}	» 25 000
Semis des talus (chiffre du devis)	» 6 200
Gazon, 9000 ^{m3} à 40 c.	» 3 600
	Fr. <u>71 800</u>

b) *Pont-Neuf - Lac de Morat.*

Remblais, 110 000 ^{m3} à 80 c.	Fr. 88 000
Travaux pour diriger et faciliter l'érosion env. 400 000 ^{m3}	» 42 000
Semis des talus (chiffre du devis)	» 14 000
Gazons, 17 800 ^{m3} à 40 c.	» 7 120 <u>151 120</u>
Total pour terrassement....	Fr. <u>222 920</u>

De la somme de.....	Fr. 689 171
pour maçonnerie, on peut déduire pour le radier à	
Payerne.....	» <u>24 600</u>

Pour les enrochements on a porté dans le devis 2^{m3} par mètre courant de rive. Ce cube est assez grand, 1^{m3},60 suffirait à la rigueur. — En employant par places des saucissons on pourrait même faire encore des économies plus grandes.

Nous ne diminuons cependant pas la somme portée pour enrochements, afin qu'il soit largement pourvu aux besoins de la défense des berges.

En somme ce devis s'élèverait à :

	COMMUNE DE PAYERNE	PONT-NEUF LAC DE MORAT	TOTAL
	Fr.	Fr.	Fr.
Terrains à acquérir (Chiffre du devis)	30 050	11 360	41 410
Terrassements....	71 800	151 120	222 920
Maçonneries	263 000	401 000	664 000
Objets divers (Chiffre du devis)	1 830	—	1 830
Imprevus	58 320	106 520	164 840
	425 000	670 000	1 095 000

Nous désirons, en terminant, attirer l'attention sur les débordements de la Broye à l'endroit dit « la Coulaz. » Comme le projet en question ne commence qu'à partir du pont du chemin de fer à Payerne, les profils en amont de ce pont jusqu'à la Coulaz ne sont pas donnés et nous ne pouvons juger de l'état de cette partie de la rivière.

Mais d'après le rapport sur les débordements, les jaugeages et les observations limnimétriques de la Broye, le débit, lors de l'inondation de décembre 1878, n'était que d'environ 200^{m3} et par conséquent bien inférieur à celui qui aurait pu passer sous le pont de Payerne.

Il semble donc qu'il y a insuffisance du profil déjà à la Coulaz et que pour éviter les débordements en amont de

Payerne il ne suffira pas seulement d'agrandir le profil dans la traversée de la ville, mais qu'il faudrait peut-être étendre les travaux de correction jusqu'à la Coulaz. Pour cette raison il conviendrait de compléter les études en relevant les profils en travers jusqu'à ce point. Ces derniers travaux n'augmenteraient pas les frais considérablement.

Nous croyons, basés sur ce que nous venons d'exposer, qu'il est possible non seulement de faire une réduction notable du devis, mais encore de faciliter l'exécution de l'entreprise, vu que les dépenses à faire pourront être réparties sur une période plus longue.

Nous terminons ici notre rapport, croyant avoir répondu à toutes les questions qui nous ont été posées.

Berne, le 15 novembre 1880.

Les experts :

A. SALIS. GANGUILLET. C. DE GRAFFENRIED.

ANNEXES

I. Surface du bassin hydrographique de la Broye et de ses affluents. (Voir la carte, pl. III.)

	Surface km ² .
Bassin N° 1. Bassin du Grenet	22,86
» 2. » de la Biordaz.....	20,84
» 3. » de la Carouge	17,90
» 4. » de la Bressonnaz	31,16
» 5. » de la Mérine	16,80
» 6. » de la Cerjarcnaz	20,58
» 7. » de la Lembaz.....	27,42
» 8. » du Flon	15,12
» 9. » de la Mionnaz	19,40
» 10. » de la Broye, bass. supr	49,74
» 11. » de la Broye, de Palé- zieux à Lucens ...	74,66
» 12. » de la Broye, de Lucens à Granges.....	30,14
» 13. » de la Broye, de Gran- ges au lac.	70,52
» 14. » de l'Arbogne	62,38
» 15. » de la Glane	91,40
Surface totale....	570 km ² ,92

Le chiffre de 1 1/2 mètre cube par seconde, appliquée à la surface des douze premiers numéros de ce tableau, soit à 346 km²,62, donne pour débit maximal de la Broye à Granges le chiffre de $346,42 \times 1,5 = 519 \text{m}^3,93$ sur 520^{m3}, qu'on a réduit cependant à 450^{m3} comme base fondamentale du projet de 1879.

II. Détermination des sections types et des pentes adoptées dans le projet de 1879. (Pl. IV.)

1. Profil transversal type.

Les sections types de la Broye ne différeront plus entre elles que par la largeur du plafond et par la hauteur d'eau adoptée comme correspondant au débit maximum.

Les berges de la rivière se composeront :

1^o D'un talus à 1 1/2 mètre de base pour 1 mètre de hauteur, s'élevant jusqu'à 2 mètres au-dessus du fond. Autant que pos-

sible, ce talus sera revêtu d'un perré en grès de la Molière ou en pierres plates dures qui seront placées de champ, c'est-à-dire ayant leurs lits perpendiculaires et normaux à la direction de la rivière. 2^e D'un glacis incliné à la pente de 0,283, glacis qui sera entretenu gazonné et qui s'élèvera jusqu'au niveau des plus hautes eaux.

Le lit mineur compris entre les talus perroyés correspond au débit de la Broye dans le cas de ses crues les plus fréquentes; c'est pourquoi il est désirable que cette partie du lit soit revêtue solidement. Le lit majeur ne sera immergé que plus rarement.

2. Evaluation du débit des crues fréquentes.

D'après le relevé des observations limnimétriques faites en 1875 et 1876 au pont de Granges, les basses eaux se maintiennent en général aux cotes de l'échelle donnant les lectures 0^m,40 à 0^m,80.

Les crues les plus fréquentes varient entre 1^m,20 et 1^m,80, soit en moyenne 1^m,50

Le zéro du limnimètre étant en contre-bas du lit de la rivière d'une quantité d'environ 0^m,40 la hauteur d'eau correspondante est de 1^m,10

Cette hauteur de 1^m,10 correspond sur l'échelle des débits à un volume de 60 mètres cubes par seconde.

C'est donc à 60 mètres cubes par seconde que se monte le volume des crues moyennes fréquentes de la Broye, et c'est à la hauteur correspondant à ce débit qu'il faudra éléver les perrés ou revêtements des berges pour que les rives soient entretenu dans le meilleur état.

Ce débit de 60 mètres cubes par seconde produit, dans chacun des quatre types étudiés et suivant les pentes superficielles qui peuvent se présenter, les hauteurs suivantes :

Types ayant pour largeur au fond :				
Pentes superficielles.	15 ^m ,00	14 ^m ,00	12 ^m ,00	10 ^m ,00
0,003	1 ^m ,37	1 ^m ,40	1 ^m ,60	1 ^m ,70
0,002	1 ^m ,45	1 ^m ,60	1 ^m ,75	1 ^m ,90
0,001	1 ^m ,92	2 ^m ,00	2 ^m ,15	2 ^m ,45
0,00067	2 ^m ,14	2 ^m ,25	2 ^m ,50	2 ^m ,65

3. Evaluation du débit de la Broye, lors de l'inondation du 10 mars 1876.

D'après la courbe graphique correspondant au pont de Granges, le débit passant sous le pont à cette date a atteint environ 405 mètres cubes par seconde, chiffre qui correspond, sous la pente de 0,0026, à une hauteur d'eau de 3^m,10 ou à la lecture limnimétrique 3^m,50 à la règle du pont de Granges.

La largeur du fond de la Broye est, en ce point, de 27^m,82

avec talus de chaque côté, inclinés à 1 1/2 de base pour 1 de hauteur.

A ce débit passant sous le pont et au volume de 405^m il faut ajouter le débit par les deux ouvertures dallées sous la rive gauche, de 1^m,20 sur 1^m,50 chacune, avec une vitesse présumée de 3^m,00 par seconde, soit $2 \times 1^m,20 \times 1^m,50 \times 3^m,00 = 10^m,800$, soit 11^m et le débit présumé de la Lembaz et du ruisseau de Mar-nand pour environ 34^m
Total... 450^m

Ce débit de 450 mètres cubes par seconde exige, suivant les quatre types étudiés et les pentes superficielles que le cours de la Broye pourra affecter, les hauteurs d'eau contenues dans le tableau ci-après :

Types ayant pour largeur au fond :				
Pentes superficielles.	15 ^m ,00	14 ^m ,00	12 ^m ,00	10 ^m ,00
0,003	4 ^m ,26	4 ^m ,40	4 ^m ,67	4 ^m ,95
0,002	4 ^m ,67	4 ^m ,86	5 ^m ,12	5 ^m ,38
0,001	5 ^m ,52	5 ^m ,70	5 ^m ,90	6 ^m ,15
0,00067	6 ^m ,05	6 ^m ,20	6 ^m ,40	6 ^m ,65

III. Cordons fascinés. (Système Gumppenberg.)

Dès l'année 1865 on a appliqué avec succès, dans plusieurs parties des rives de la Broye, un système de cordons fascinés sans fin, tels qu'ils ont été employés depuis plusieurs années par l'ingénieur de Gumppenberg pour l'endiguement de la Lech, en Bavière, et qu'ils sont maintenant adoptés avec un égal succès par les ingénieurs bernois dans les travaux de la Simme, de la Sulz et de l'Aar près du lac de Brientz.

Les cordons fascinés sans fin, ou saucissons continus, sont des cylindres de 0^m,75 à 1^m,05 de diamètre, formés à l'extérieur de branches de sapin ou de bois blanc et remplis à l'intérieur de gravier.

Le remplissage de gravier est séparé en deux couches par un diaphragme aussi en branches, qui divise la section du cylindre suivant un diamètre.

Les cylindres sont liés par des ligatures en fil de fer distantes de 30 à 45 centimètres l'une de l'autre.

Pour former le revêtement d'une rive au moyen de ce système, on fait une tranchée le long de la rivière; on y place, l'un à côté de l'autre, deux de ces cordons, puis un troisième en pyramide sur les deux premiers, mais sans liaison entre eux.

Cette organisation présente un ensemble d'éléments capables de flétrir suivant les modifications que subit le lit de la rivière, sans éprouver cependant de solution de continuité.

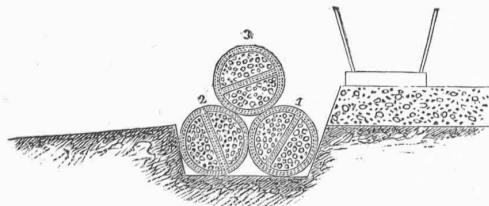


Fig. 1.

Lorsqu'enfin le lit de la rivière s'est approfondi par suite de la canalisation, il arrive que les trois cylindres, au lieu de

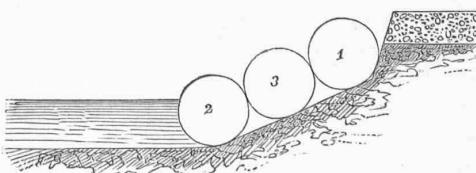


Fig. 2.

rester dans leurs premières positions relatives (fig. 1), se trouvent juxtaposés et recouvrir le talus de la rive (fig. 2), et

occuper ainsi leurs positions définitives en qualité de revêtement de berge. Le cadre de ce mémoire ne permet pas d'entrer dans des détails plus circonstanciés sur la construction de ces cordons fascinés dont la description se trouve dans l'ouvrage intitulé : *Der Wasserbau an Gebirgsflüssen, von Johann Freiherrn von Gumpenberg-Paetmes, kœniglich bayerischer Regierungs-und Kreisbaurath. Augsbourg 1860.*

Nous devons à M. J. Champion, voyer du district de Payerne, les renseignements ci-après sur le prix de revient des cordons fascinés dans la vallée de la Broye :

Cordon de 1^m de diamètre.

4 fagots de 2 ^m de longueur à fr. 0 20.....	Fr. 0 80
0 ^m 500 de gros gravier	» 1 50..... » 0 75
0 ^k 660 fil de fer N ^o 18	» 0 50..... » 0 33
Main-d'œuvre	» 1 40..... » 1 40

Prix de revient du mètre courant, Fr. 3 28

Prix moyen effectif de 3 fr. 50 à 4 fr.

Cordon de 0^m90 de diamètre.

3,6 fagots de 2 ^m de longueur à fr. 0 20.....	Fr. 0 72
0 ^m 400 de gros gravier	» 1 50..... » 0 60
0 ^k 600 de fil de fer N ^o 18	» 0 50..... » 0 30
Main-d'œuvre	» 1 20..... » 1 20

Prix de revient du mètre courant, Fr. 2 82

Prix moyen effectif de 3 fr. à 3 fr. 30.

Cordon de 0^m75 de diamètre.

3 fagots de 2 ^m de longueur à fr. 0 20.....	Fr. 0 60
0 ^m 250 de gros gravier	» 1 50..... » 0 38
0 ^k 520 de fil de fer N ^o 17 ou 18	» 0 50..... » 0 26
Main-d'œuvre	» 1 05..... » 1 05

Prix de revient du mètre courant, Fr. 2 29

Prix moyen effectif de 2 fr. 50 à 3 fr.

Ce genre de travail n'a de durée qu'à la condition que les bois reprennent et que le cours d'eau ne charrie pas de gros galets.

L. G.

NOTICE SUR LE CHEMIN DE FER DU GOTHARD

(Traduit du journal l'*Eisenbahn* par H. VERREY, architecte.)

I

A l'occasion de l'ouverture de la ligne du Gothard, il pourra peut-être sembler opportun de trouver une vue d'ensemble de ce grand œuvre. Nous avons donc l'intention de donner ici une courte esquisse du tracé et de la construction de la ligne.

Nous commencerons cette étude par la description du tracé du grand tunnel, qui est l'œuvre capitale du chemin de fer du Gothard.

Le grand tunnel traverse le massif du Gothard; sa longueur totale en chiffres ronds est de 14990 mètres, la tête nord est à 1109 mètres, la tête sud à 1145 mètres au-dessus du niveau de la mer. La position favorable des deux ouvertures du tunnel assure une régularité parfaite du transit et permet d'éviter tous travaux protecteurs contre la rigueur du climat des Alpes.

La vallée de la Reuss au nord, celle du Tessin au sud forment les voies d'accès naturelles du grand tunnel; chacune de ces vallées offre par la configuration de son sol des difficultés particulières pour le tracé de la voie.

La vallée de la Reuss, depuis le célèbre trou d'Uri, jusqu'à Amsteg, n'a pour ainsi dire, point de partie plane accompagnant le cours du torrent; il a donc fallu accrocher la ligne aux flancs de la montagne, ou bien la dessiner sur quelques restes d'anciennes moraines.

La vallée du Tessin, au contraire, est à fond large, les deux bords en sont formés par des parois de rochers dénudées. Le cours actuel de la Reuss, dans la partie qui nous intéresse, est en général régulier; c'est-à-dire que la pente augmente d'une façon continue de la partie inférieure à la partie supérieure, le bassin est coupé de chutes et la ligne, construite sur le fond de la vallée, suit la pente du torrent.

Ces particularités des deux vallées se font sentir dans la construction spéciale des rampes d'accès nord et sud. Les deux vallées ont cependant un caractère commun dans les parties empruntées par les rampes d'accès; nous ne trouvons, en effet, nulle part de vallée latérale de quelque importance qui eût permis d'allonger d'une façon naturelle le parcours de la ligne; il a donc fallu recourir à d'autres moyens et s'écartier du système adopté habituellement pour la construction de voies ferrées dans les Alpes.

Dès Amsteg la vallée de la Reuss change de caractère; elle s'élargit considérablement jusqu'à l'embouchure de la Reuss dans le lac des Quatre Cantons et nous permet de considérer le tronçon Erstfeld-Fluëlen comme ligne de plaine. Les difficultés techniques se concentrent donc exclusivement dans le parcours Erstfeld-Göschenen.

La tâche de l'ingénieur a été tout d'abord de trouver un terrain propice à l'établissement de la voie, de telle sorte que la ligne pût être construite en évitant les dangers qu'offre cette vallée des Alpes pour l'exploitation d'un chemin de fer. L'observation de ce principe a permis d'obtenir l'économie nécessaire à une entreprise de ce genre.

Un des dangers principaux à éviter étaient les nombreuses avalanches poussiéreuses ou compactes qui se précipitent d'une hauteur de trois mille mètres dans la vallée; à cela s'ajoutait l'effritement continu des parois de rochers qui menaçaient la voie de leur débris et fournissent un élément toujours nouveau aux matériaux que roulent les torrents.

Dans un pays formé de terres d'alluvions ou accidenté par des collines, on trouve presque toujours un sol solide; dans les parties élevées de nos Alpes c'est, au contraire, le cas le plus rare; les convulsions de la nature s'y font toujours sentir, et la surface du sol se modifie continuellement.

L'homme de l'art, qui suit d'un œil exercé les sinuosités de la voie, pourra constater que la ligne traverse tous les endroits où le sol bien assis offre des garanties suffisantes de solidité.

Ce sont des considérations de l'ordre que nous venons d'indiquer qui ont engagé à tracer la voie entre le Pfaffensprung et Inschi sur la rive gauche de la Reuss; c'en est aussi la rive la mieux cultivée. De ce côté, la montagne descend en pente douce ou forme des terrasses successives, tandis que sur la rive droite la pente tombe abrupte jusqu'au fond de la vallée. La rive gauche est ainsi à l'abri des avalanches, des chutes de pierres et des torrents qui ravagent la rive droite. Entre le Pfaffensprung et Amsteg, la voie suit l'ancien lit de la Reuss et le tracé n'offre pas de difficultés de quelque importance. Au-dessus d'Amsteg l'ancien lit disparaît tout à coup et l'on a été